

32/446 (1990) 2^e ex

Stuvia.nl

Kwantificering van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en produktievermindering ten gevolge van wateroverlast op grasland

J. Postma

Rapport 190

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1992



REFERAAT

Postma, J., 1992. *Kwantificering van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en produktievermindering ten gevolge van wateroverlast op grasland*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 190. 59 blz; 17 figuren; 4 tabellen; 4 aanhangsels.

De netto-opbrengst van grasland wordt berekend met simulatie van een veebedrijf, waarin grasgroei, begrazing en oogst zijn opgenomen. Het verschil tussen de opbrengst onder optimale omstandigheden en de opbrengst onder reële omstandigheden geeft de opbrengstverliezen door wateroverlast. Dit verschil wordt berekend voor verschillende grondwaterstandsverlopen. Als criterium voor de wateroverlast werd de overschrijdingssom van het grondwaterpeil berekend voor verschillende periodes en verschillende grondwatertrappen. Door 18 meteo-jaren, van nat tot droog, door te rekenen kon het verband tussen overschrijdingssom en opbrengstverliezen statistisch vastgesteld worden als een lineair verband.

Trefwoorden: schadefuncties, wateroverlast, graslandgebruik, opbrengstverlies, peilbeheer, ontwatering.

ISSN 0927-4499

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het DLO-Staring Centrum.

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	11
1.1 Omschrijving van schade	11
1.2 Gevolgen van wateroverlast	12
1.3 Maatstaf voor wateroverlast	17
1.4 Opbouw van het rapport	17
2 HET MODEL SWAGRA	19
2.1 Onderdelen van het model	19
2.1.1 SWATRE	20
2.1.2 CROPR	21
2.1.3 GRAMAN	21
2.2 Uitvoer van het model	22
3 BEREKENING VAN SCHADE EN OVERSCHRIJDINGSSOM	25
3.1 Actuele en potentiële schade	25
3.2 Produktie van de "ruwe gegevens"	26
3.3 Optimalisering van periodelengte en overschrijdingsdiepte	33
4 RESULTATEN EN REGRESSIE VOOR DE DRIE BODEM- PROFIELEN	37
5 CONCLUSIE	41
6 EVALUATIE	43
6.1 Enkele onzekerheden in het model	43
6.2 De gevoeligheid voor het begintijdstip van de berekeningen	43
6.3 Verdere toepassingen SWAGRA	44
LITERATUUR	45
AANHANGSELS	
1 De begeleidingscommissie "Onderzoek Optimalisering Peilbeheer"	47
2 De bodemfysische beschrijving van de gebruikte bodemprofielen	49
3 De correlatiecoëfficiënten tussen schade en overschrijdingssommen van bodemprofiel B1O1 over 18 jaren en 8 grondwatertrappen	57
4 De correlatiecoëfficiënten tussen schade en overschrijdingssommen van vWz over 18 jaren en 8 grondwatertrappen	59
FIGUREN	
1 Het beweidingsschema en de grasproduktie in een actueel berekend jaar	13

2 Het beweidingsschema en de grasproductie in een optimaal berekend jaar	15
3 Koppeling van SWATRE en CROPR	19
4 Schema van het model SWAGRA	20
5 Een voorbeeld van de periodes die ontstaan bij verschillende periodelengtes en één begindag	26
6 De relaties tussen vochtspanning en indringingsweerstand	27
7 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 15 dagen, periode 7, bodemprofiel B3O3	29
8 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 30 dagen, periode 3, bodemprofiel B3O3	30
9 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 60 dagen, periode 3, bodemprofiel vWz	31
10 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 90 dagen, periode 7, bodemprofiel B1O1	32
11 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel vWz	34
12 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel B3O3	35
13 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel B1O1	36
14 De regressielijnen voor alle periodes, onderscheiden naar voorjaar en zomer, voor bodemprofiel B3O3 (periodelengte 60 dagen)	38
15 De regressielijnen voor alle periodes, onderscheiden naar voorjaar en zomer, voor bodemprofiel B1O1 (periodelengte 60 dagen)	39
16 De regressielijnen van het hele seizoen voor bodemprofiel vWz (periodelengte 60 dagen)	40
17 De correlatiecoëfficiënten van schade en overschrijdingssom tijdens het groeiseizoen. Berekening over 60 dagen	44

TABELLEN

1 Voorbeeld van de uitvoer. Moerige eerdgrond (vWz), jaar 1972, grondwatertrap II, actuele berekening	22
2 Eerste schatting van de overschrijdingsdiepte voor de drie bodemprofielen	28
3 De correlatiecoëfficiënten van overschrijdingssom en schadepercentage (voor 4 periodelengtes, 18 jaren, 8 grondwatertrappen en 5 overschrijdingsdieptes) met begindag 60, van bodemprofiel B3O3	33
4 De gekozen overschrijdingsdieptes voor de drie bodemprofielen	37

WOORD VOORAF

In opdracht van de Dienst Milieu en Water van de Provincie Gelderland heeft het DLO-Staring Centrum in voorjaar en zomer van 1991 een onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen van wateroverlast in grasland. Het is de voortzetting van een onderzoek dat het SC-DLO in 1987 begon (J.M.P.M. Peerboom, Waterhuishoudkundige schade-functies op grasland, rapport 43).

Projectleider was dr. P.J.T. van Bakel.

Het onderzoek is op afstand begeleid door de Begeleidingscommissie "Optimalisering Peilbeheer" waarvan de samenstelling in aanhangsel 1 is gegeven.

Hans Postma

SAMENVATTING

Het DLO-Staring Centrum verrichtte in voorjaar en zomer 1991 in opdracht van de Dienst Milieu en Water van de Provincie Gelderland voor het project "Optimalisering Peilbeheer" onderzoek naar een eenvoudig en betrouwbaar verband tussen wateroverlast en het verlies aan netto grasproductie. Door modelberekening zijn tientallen cijfers gegenereerd die samen dit verband kunnen geven. In het gebruikte model, SWAGRA, wordt behalve de waterhuishouding en de grasgroei ook de bedrijfsvoering van een doorsnee veehouderijbedrijf gesimuleerd.

Het produktieverlies is doorgerekend voor drie bodemprofielen die veel voorkomen in het gebied waar de studie voor bestemd is, het oostelijk zandgebied van Twente en Overijssel. Dit waren leemarm zand (B3O3), lemig fijn zand (B1O1), en kleilig veen op zand (vWz). De hydrologische eigenschappen van het model werden zo gevarieerd, dat de grondwatertrappen II, II*, III, III*, V, V*, VI en VII werden gesimuleerd.

De variatie in meteorologische omstandigheden wordt bereikt door 18 jaren tussen 1965 en 1986 als invoer te gebruiken. Deze jaren worden beschouwd als een voldoende representatieve steekproef uit het Nederlandse klimaat.

Als criterium voor de wateroverlast wordt de overschrijdingssom van het grondwater berekend, d.w.z. het aantal cm dat het grondwater boven een bepaalde diepte komt, gesommeerd over een bepaald aantal dagen. Statistische analyse van testberekeningen en praktische (rekentechnische) overwegingen bepalen de lengte van de meetperiode op 60 dagen en de overschrijdingsdiepten voor de bodemprofielen:

B3O3 (lemig zand)	= 50 cm;
B1O1 (leemarm zand)	= 20 cm;
vWz (moerige eerdgrond)	= 70 cm.

Verdere berekeningen van overschrijdingssom en schade, en regressieanalyse van de resultaten, geven voor elke bodemprofiel en elke periode een regressielijn. Voor de meest draagkrachtige bodem, B1O1, is de correlatiecoëfficiënt het kleinst, en voor de minst draagkrachtige bodem, vWz, het grootst. Voor alle bodemprofielen worden de afzonderlijke periode-regressielijnen gecombineerd tot twee lijnen, een voor de zomer, een voor het voorjaar. De najaarsschade blijkt statistisch ongevoelig. De bodem B1O1 blijkt wegens de grote draagkracht niet erg geschikt voor deze aanpak. De verliezen die ontstaan tengevolge van wateroverlast, zijn in belangrijker mate het gevolg van koude, denitrificatie, zuurstofgebrek.

1 INLEIDING

Het DLO-Staring Centrum verrichtte in voorjaar en zomer van 1991 in opdracht van de Dienst Milieu en Water van de Provincie Gelderland voor het project "Optimalisering Peilbeheer" onderzoek naar een eenvoudig en betrouwbaar verband tussen peilbeheersmaatregelen van de water-schappen, en de effecten daarvan op de netto grasproductie. De HELP-tabellen zijn hiervoor niet geschikt, omdat daarin gemiddelde verliezen over een geheel jaar worden gegeven, terwijl er behoefte is aan cijfers die gaan over een periode van één of twee maanden.

De gekozen oplossingsrichting in dit onderzoek was een rekenmodel te maken, waarin de schade aan de gewasgroei of -oogst berekend wordt in een gesimuleerde bedrijfsvoering met 8 verschillende grondwatertrappen en 3 verschillende bodemprofielen en 18 reële meteorologische jaren tussen 1965 en 1986.

Tot nu toe is het de werkwijze van de peilbeheerders geweest in de winter veel water af te voeren, het slootpeil dus laag te houden, en vanaf het vroege voorjaar het peil te verhogen, om in de zomer voldoende water te hebben. Hoeveel het peil omlaag en omhoog moet, en op welke tijdstippen, is gebaseerd op ervaring.

De verdroging van Nederland, en vooral de peildaling in de kwetsbare natuurgebieden, zijn goede redenen om voorzichtiger met het water om te gaan. Tegenwoordig is het mogelijk, met de moderne rekentuigen, ook een behoorlijk complex probleem als de effecten van peilverandering op grondwaterstand en bodemvochtvoorraad in de tijd te modelleren. Daardoor kunnen we de ingrepen in het waterpeil verfijnen, zowel qua omvang als qua tijdstip.

Ten gevolge van de weersomstandigheden (en ontoereikend peilbeheer) kunnen voor de landbouw vochttekort of wateroverlast ontstaan, waardoor schade aan het gewas ontstaat, en de opbrengst vermindert.

Bij vochttekort vermindert de transpiratie van het gewas, zodat de groei afneemt. Deze transpiratiereductie wordt berekend in het model TRIGON, dat de provincie Gelderland en de Landbouw Universiteit Wageningen hebben ontwikkeld.

De schade die bij wateroverlast ontstaat, is het onderwerp van dit onderzoek.

1.1 Omschrijving van schade

De schade is het verschil tussen de potentiële gesimuleerde produktie en de actuele gesimuleerde produktie in diezelfde omstandigheden, met een bepaald grondwaterpeilverloop. De schade per onderdeel van het seizoen (bijv. 15 dagen, of 1 maand) wordt uitgedrukt als percentage van de potentiële produktie van het gehele seizoen. Er is voor gekozen om de schade in procenten uit te drukken, omdat dan kleine

verliezen in een jaar met een kleine opbrengst zwaarder wegen dan kleine verliezen in een jaar met een grote opbrengst.

De *potentiële* produktie wordt berekend alsof de transpiratie, en dus de gewasgroei, steeds potentieel blijft, d.w.z. zonder rekening te houden met vochttekort of wateroverlast die de transpiratie zouden reduceren. In het model wordt dan de berekening van het bodemvochtgehalte en de grondwaterstand overgeslagen. De bijbehorende hogere groeisnelheid van het gewas levert in dat geval ook een ander beweidings- en maaischema op in GRAMAN. Tegelijkertijd zijn er ook geen problemen door een te lage draagkracht van de bodem. Figuur 1 en 2 laten het verschil zien tussen actuele en optimale groei voor 1965, een erg nat jaar.

Aan deze figuren vallen de periodes in voor- en najaar, en een paar keer door het groeiseizoen op, waarin het vee op stal staat. In 1965 was de neerslag extreem hoog, zodat de berekende grasgroei pas eind mei op gang kwam. Op 7 juni kon voor het eerst gemaaid worden, op percelen 1 en 2. Op 10 juni kon het vee worden ingeschaard op perceel 5, met bijvoeding. Op 15 juni was de draagkracht te laag geworden voor het vee, zodat het 1 dag op stal moest. Gemaaid werd er nog wel, op perceel 3 en 4. Van 19 t/m 26 juni was het ook daarvoor te nat, en het gras groeide maar door, zonder geoogst te worden. Toen de draagkracht weer hoog genoeg was, op 27 juni, stond er op perceel 6 t/m 11 te veel gras om het vee in te sturen. De percelen moesten eerst een keer gemaaid worden. Op de percelen 1 t/m 5 die in mei iets minder stikstof hebben gekregen, kon wel gegraasd worden. In november werd het vee definitief opgestald.

Het verschil tussen de optimale en de actuele nettoproduktie in dit voorbeeld, 1965, is door al die wateroverlast groot:

$$(120499 + 92927) - (55690 + 103504) = 54232 \text{ kg droge stof.}$$

De schade is in dit voorbeeld $54232/213426 \cdot 100 = 25,4 \%$

1.2 Gevolgen van wateroverlast

Het probleem van produktieverliezen wordt bij wateroverlast ingewikkelder dan bij tekorten, doordat niet het groeiverlies de grootste boosdoener is, maar de draagkracht. Doordat bij wateroverlast op een gegeven ogenblik de draagkracht van de bodem te laag wordt, kan het vee niet meer worden ingeschaard, en moet het vee op stal gevoerd worden. Dat levert enig verlies op. Andere oorzaken van schade zijn kou, zuurstofgebrek, denitrificatie en verminderde mineralisatie in de wortelzone.

Als bij toenemende wateroverlast de draagkracht verder daalt, zodat ook met ballonbanden en dubbele wielen niet meer gemaaid kan worden, zal de schade echt groot worden, omdat dan ruwvoer moet worden aangekocht voor het vee, terwijl de eigen ruwvoerproduktie van het bedrijf stilstaat.

Hoe groot verliezen in werkelijkheid worden is afhankelijk van:

- de beslissingen van de boer over beweiden en maaien van percelen;
- de dagelijkse weersituatie;
- de beslissingen van het waterschap om al of niet in te grijpen in de waterhuishouding.

Alle drie kunnen deze factoren een invloed hebben die zich over weken uitstrekt. Wanneer de beslissingen van de boer, de ontwikkeling van het weer en het waterpeil toevallig alle drie dezelfde kant op werken, kan het produktieverlies erg hoog oplopen. Anderzijds kunnen deze factoren elkaars effecten voor een groot of klein deel opheffen. Alleen door veel beslissingen, weersomstandigheden en peilverlopen door te rekenen, zal er een statistische uitspraak mogelijk zijn over het aandeel van elke factor afzonderlijk in de gevolgen.

1.3 Maatstaf voor wateroverlast

Belangrijk voor het onderzoek was een gemakkelijk meetbaar kenmerk te vinden, waaruit op simpele wijze de grootte van de te verwachten schade kan worden voorspeld. Dat kenmerk is de overschrijdingssom geworden, i.e. de som (cm·d) van dagelijkse overschrijdingen van een bepaalde grondwaterstand (de overschrijdingsdiepte) in centimeters, gedurende een bepaalde (overschrijdings)periode.

De overschrijdingsdiepte wordt eerst geschat aan de hand van de draagkracht, en daarna door optimalisering vastgesteld. De overschrijdingsdiepte is afhankelijk van de profielopbouw (fig. 6). De lengte van de overschrijdingsperiode is ook eerst geschat en daarna geoptimaliseerd.

Voor de modelberekeningen zijn drie verschillende bodemprofielen uitgekozen, nl. een humeuze, sterk lemige zandgrond (B3O3) een humus- en leemarme zandgrond (B1O1) en een zandgrond met een bovenlaag van kleiig veen (vWz). De bodemfysische beschrijving van deze profielen bestaat uit elementen uit de Staringreeks (Wösten et al., 1987). Zie aanhangsel 2.

De bodemprofielen B1O1 en B3O3 zijn uitgekozen, omdat ze veel voorkomen in het oostelijk zandgebied, waarop deze studie is gericht. Het vWz-profiel is erbij genomen als vertegenwoordiger van de bodems met geringe draagkracht, om het verschil te laten zien met de eerste twee.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt het gebruikte model SWAGRA beschreven.

In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de optimale en actuele opbrengst worden berekend, en daaruit de schade ten gevolge van wateroverlast. De schade ten gevolge

van vochttekort wordt met een ander model (TRIGON) berekend, en komt hier verder niet ter sprake.

In hoofdstuk 4 volgen de resultaten van berekeningen van de 18 verschillende jaren en de 8 grondwatertrappen, op de 3 bodemprofielen en de statistische analyse.

In hoofdstuk 5 staan de conclusies, en in hoofdstuk 6 een evaluatie van het model SWAGRA, en van de manier waarop het is toegepast.

2 HET MODEL SWAGRA

Het gebruikte model SWAGRA bestaat uit het model SWATRE (Belmans et al. 1983), voor de waterbalans, CROPR (Feddes et al. 1978) voor de gewasgroei, en het model GRAMAN (GRAssland MANagement) voor de bedrijfsvoering (Peerboom, 1990).

2.1 Onderdelen van het model

De deelmodellen van SWAGRA staan uitgebreid beschreven in Peerboom 1990. De uitvoer van SWATRE, n.l. vochtvoorziening van het gewas, wordt gebruikt voor de groeiberekeningen in CROPR, de op het veld staande hoeveelheid gewas is één van de gegevens voor GRAMAN, waarin bepaald wordt of en waar er begraasd of gemaaid wordt. De gewasontwikkeling bepaalt weer de transpiratie en interceptie in SWATRE.

Figuur 3 en 4 laten de koppeling zien. De modellen worden beschreven in hoofdstuk 2.1.1 t/m 2.1.3.

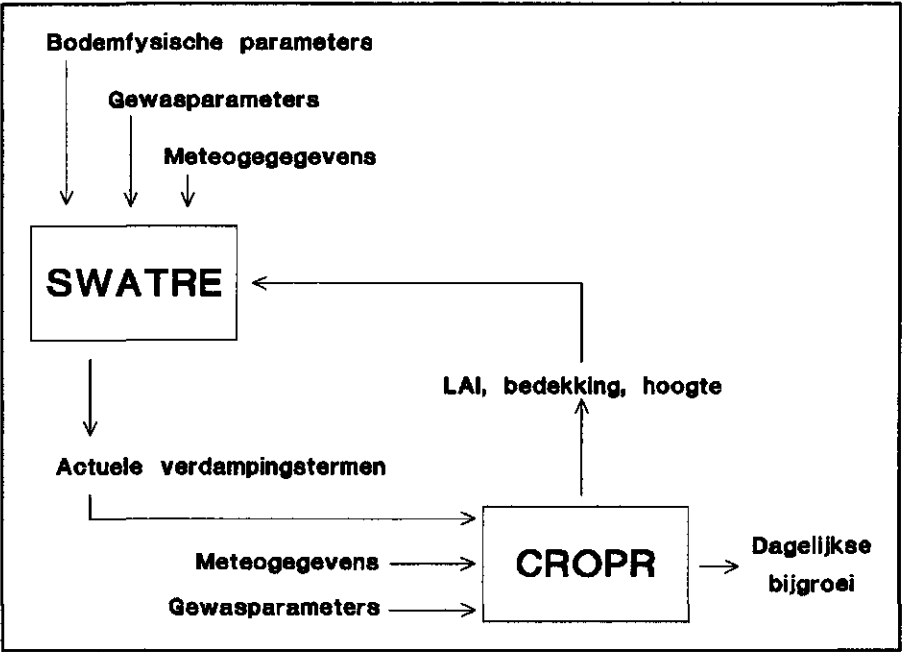


Fig. 3 Koppeling van SWATRE en CROPR (uit: Peerboom 1990)

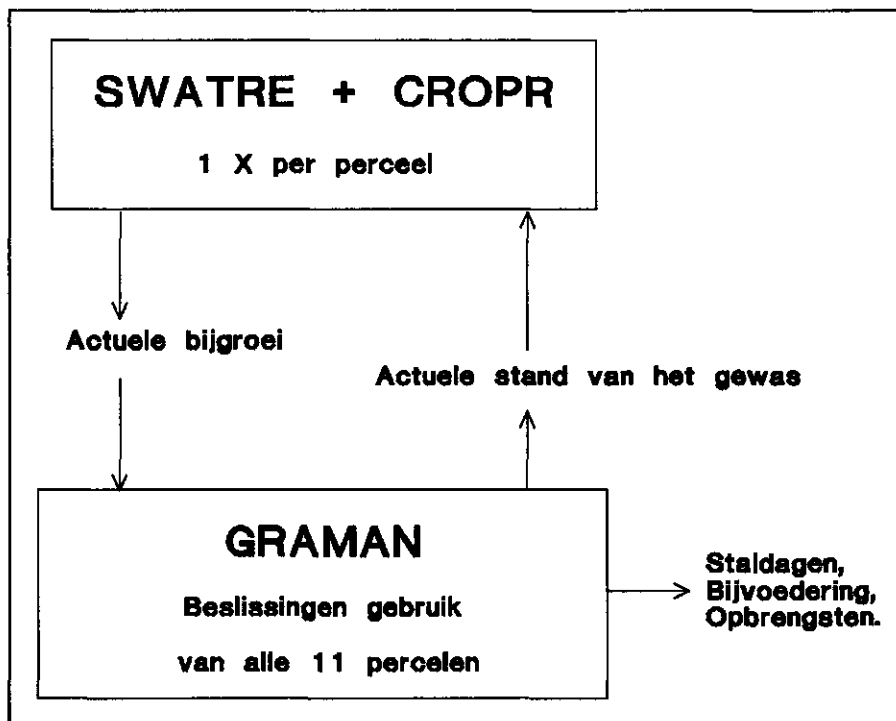


Fig. 4 Schema van het model SWAGRA (uit: Peerboom 1990)

2.1.1 SWATRE

Het rekenmodel SWATRE beschrijft de waterbeweging in de onverzadigde zone van de bodem, onder invloed van meteorologische en bodemfysische processen, en drainage. De voornaamste uitvoer van het model bestaat uit alle waterbalanstermen (neerslag, verdamping, interceptie, kwel, bergingsverandering), drukhoogte- en vochtprofielen, en het verloop van de grondwaterstand.

De potentiële evapotranspiratie wordt berekend volgens de methode Monteith-Rijtema. De transpiratie wordt gesplitst in bodem- en gewasverdamping aan de hand van de bodembedekking. De reductie van de potentiële transpiratie tot actuele transpiratie, onder invloed van wateroverlast of van verdroging, gebeurt bij bepaalde zuigspanningswaarden die worden opgegeven in de "sinkterm" (Feddes et al., 1978). Voor een brede toepasbaarheid van de modelresultaten is het nodig de omstandigheden van nat tot droog door te rekenen. Daarom werden in het model zeer uiteenlopende peilverlopen gecreëerd door de drainagekarakteristieken die in SWATRE worden gebruikt om de afvoer van grondwater te berekenen, te variëren. Voor de duidelijkheid zijn de grondwatertrappen II, II*, III, III*, V, V*, VI en VII gesimuleerd.

2.1.2 CROPR

De invoer van CROPR, voor de berekening van de gewasgroei, bestaat uit de straling en het beschikbare water. De andere factoren worden optimaal verondersteld. De hier gebruikte versie is specifiek voor grasland.

Aan CROPR zit een module, die de gewasgroei volgens standaardcurves aanpast aan de stikstofgift (Rompelberg et al., 1984).

In CROPR wordt gewasgroei voorgesteld als het verschil tussen assimilatie en respiratie. De respiratie bestaat uit de onderhoudsrespiratie en de groeirespiratie. Onderhoudsrespiratie is verschillend voor wortel, stoppel en het oogstbare deel van het gewas en afhankelijk van de massa gewas op het veld. De groeirespiratie is afhankelijk van lichtinterceptie, transpiratie en temperatuur. De transpiratie is altijd afhankelijk van de temperatuur, en dus de assimilatie ook. Als de transpiratie niet beperkend is, dan is de assimilatie alleen afhankelijk van de hoeveelheid licht. Is de transpiratie wel beperkend, dan is de CO₂-opname beperkt, en is de assimilatie daarvan afhankelijk.

De belangrijkste factor voor het model is de watergebruiksefficiëntiefactor. De waarde ervan werd bepaald op 3000 tot 3500 kg·ha⁻¹·cm⁻¹·mbar⁻¹, afhankelijk van de tijd van het jaar (Peerboom, 1990).

De zwaarte van de voorafgaande snede beïnvloedt de bladhoeveelheid en bodembedekking voor de volgende snede.

2.1.3 GRAMAN

De grasproductie wordt berekend door een beslissingsmodel GRAMAN, waarin belangrijke delen van een veehouderijbedrijf zijn ingebouwd. Het bedrijf dat in GRAMAN is ingebouwd, bestaat uit 11 percelen, met 50 koeien op 20 hectare grasland. Het bedrijf voorziet zichzelf van voldoende ruwvoer.

In GRAMAN wordt rekening gehouden met beweiden, maaien en bemesten van afzonderlijke percelen. Ook verliezen t.g.v. vertrapping en betreding door het vee, berijding bij het maaien, de veldperiode, worden meegenomen. De berekende produktie is dan ook de nettoproduktie in tonnen gras (droge stof) dat aan de koeien ten goede komt.

Het weideseizoen begint als er op één van de percelen 700 kg gras beschikbaar is. In deze tijd staat het vee 's nachts nog op stal en wordt er bijgevoerd (B4 systeem). Als het eerste perceel "op" is, komt het volgende aan de beurt. Welke hangt af van vraag (door het vee) en aanbod (op de verschillende percelen). Na 14 dagen wordt in principe niet meer bijgevoerd (O4 systeem). Het minimale vereiste grasaanbod op een perceel is dan gestegen tot 1700 kg. Als het grasaanbod te gering wordt, of na 14 oktober, wordt weer volgens het B4 systeem gewerkt met 's nachts opstallen

en bijvoeding. Wanneer de draagkracht van alle percelen te laag is geworden, wordt ook opgesteld. Na 1 november stopt het weideseizoen. Als het grasaanbod groter is dan 2400 kg, kan er niet beweid worden, en moet er gemaaid worden. Bij een grasaanbod van 2500 tot 3500 kg kan een perceel bij voldoende draagkracht gemaaid worden. De veldperiode duurt drie dagen, en kan bij te lage draagkracht verlengd worden. Er is dan geen groei.

Verstoring in het maai- en beweidingsschema kunnen lang doorwerken, en hebben dan gevolgen voor de totale produktie. De uitkomsten van GRAMAN staan in figuur 1 en 2, en een beschrijving van deze figuren in 1.2.

Het programma berekent mogelijke produkties en behoeften een week vooruit, en kiest de optimale uitkomst. Zie verder Peerboom, 1990.

2.2 Uitvoer van het model

De uitvoer van SWAGRA, voor 1 dag ziet er als volgt uit:

Tabel 1 Voorbeeld van de uitvoer. Moerige eerdgrond (vWz), jaar 1972, grondwatertrap II, actuele berekening

hprc	pn	dg	gws	dk	pF	gr	T _{act}	T _{pot}
GROEI	1	144	71,5	0,503	1,842	18	8,102	8,416
GROEI	2	144	71,5	0,503	1,842	18	8,102	8,416
GROEI	3	144	70,5	0,503	1,833	860	7,768	8,018
GROEI	4	144	69,0	0,503	1,821	416	7,464	7,663
GROEI	5	144	69,0	0,503	1,835	37	7,914	8,197
GROEI	6	144	72,5	0,503	1,849	1117	8,238	8,575
GROEI	7	144	66,5	0,503	1,807	144	7,079	7,217
GROEI	8	144	66,5	0,503	1,807	144	7,079	7,217
GROEI	9	144	74,5	0,503	1,880	4090	8,629	9,030
GROEI	10	144	74,5	0,503	1,880	4090	8,629	9,030
GROEI	11	144	74,5	0,503	1,880	3774	8,629	9,030
MAAIEN	80 N							
	2	142	145					
	3500	2983	2550	214				
WEIDEN	80 N							
	5	139	144					
	1554	936	1106	830	4			

(hprc=handeling op perceel, pn=perceelsnummer, dg=dagnummer, gws=grondwaterstand (cm - mv.), dk=draagkracht (mPa), pF=pF-waarde, gr=grasaanbod (kg), T_{act}=actuele transpiratie (cm, cumulatief), T_{pot}=potentiële transpiratie (cm, cumulatief), N=stikstof (kg/ha).

Tabel 1 geeft de gegevens weer van slechts één dag van 11 percelen. De regels voorafgegaan door GROEI geven de cijfers die verklaard worden in de kop, zoals dagnummer, grondwater. De regels met MAAIEN en WEIDEN plus de twee volgende, geven de omstandigheden op de dagen en de percelen waarop ze betrekking

hebben. Achter MAAIEN staan stikstofgift, dan perceel, dag van maaien, dag begin hergroei, daaronder bruto- en netto-opbrengst, VEM-waarde en VRE-waarde van de kuil. Achter WEIDEN staat de stikstofgift, op de regel eronder het betreffende perceel, de dagnummers waarop is in- en uitgeschaard, daaronder staan bruto- en netto-opbrengst, hoeveelheid bijvoeding en het nummer van het beweidingssysteem (buiten, met of zonder bijvoeding, of op stal). Enkele van deze gegevens worden in figuur 4 rechtsonder als staldagen, bijvoeding en opbrengsten genoemd.

De draagkracht is voor alle 11 percelen op deze dag 0,503 mPa, dat is nog net voldoende voor het maaien, en zou te weinig zijn voor beweiden, als de toestand 4 dagen zo slecht blijft.

Het grasaanbod varieert van 4090 kg op perceel 10 tot 18 kg op perceel 1. Door het verschil daarin verschilt ook de evapotranspiratie per perceel, en daardoor de grondwaterstanden en de pF-waarden (vochtspanning in bovenlaag).

Het verschil tussen de potentiële transpiratie en de actuele transpiratie geeft aan in welke mate de transpiratie gereduceerd wordt door vochttekort of wateroverlast. Deze waarden zijn cumulatief over de berekende periode.

3 BEREKENING VAN SCHADE EN OVERSCHRIJDINGSSOM

De uitvoer van SWAGRA, zoals in tabel 1 voor één dag staat, kan worden beschouwd als de ruwe gegevens voor deze studie. Berekeningen over 18 jaren, met 8 peilverlopen leveren samen zoveel ruwe gegevens, dat ze samen gebruikt kunnen worden als een steekproef uit het totale aantal mogelijkheden van het model SWAGRA voor één bodemprofiel.

3.1 Actuele en potentiële schade

De schade die ons interesseert, is dat deel van de schade die het gevolg is van wateroverlast, niet van verdroging. De beide vormen van schade worden berekend als het verschil tussen *actuele* en *potentiële* opbrengst (beide gesimuleerd). Dat levert, gezien de manier waarop de gegevens tot stand komen, twee problemen op:

- Welke *actuele* productiecijfers tellen mee voor "natte" schade.
- Welke *potentiële* productiecijfers tellen mee voor "natte" schade.

De schade wordt steeds berekend voor een bepaalde periode, de overschrijdingsperiode. Het groeiseizoen is onderverdeeld in een aantal periodes. De lengte van een periode wordt verderop in dit hoofdstuk bepaald.

De totale *actuele* productie is de som van de opbrengst van alle maai- en graasbeurten. Wanneer tijdens zo'n maai- of graasbeurt de vochtspanning boven 200 mbar komt ($pF=2,3$), is er sprake van vochttekort, omdat dan de transpiratie gereduceerd wordt. Een dergelijk maai- of graasbeurt wordt niet meegenomen bij de berekening van de totale *actuele* opbrengst.

De totale *potentiële* productie bestaat eveneens uit de som van alle maai- en graasbeurten. Bij de berekening van de potentiële productie wordt echter geen rekening gehouden met de vochttoestand van de bodem. Voor de begindag van elke maai- of graasbeurt wordt daarom gecontroleerd of in de gegevens voor de *actuele* productie van die dag de vochtspanning niet boven 200 mbar komt. Is dat wel het geval, dan wordt de maai- of graasbeurt van de *potentiële* productie niet meegenomen in de totale *potentiële* opbrengst.

De totale schade ten gevolge van wateroverlast is dan het verschil tussen potentiële en actuele totale opbrengst, en wordt gegeven als percentage van de totale potentiële opbrengst van het groeiseizoen (zonder de dagen waarop de vochtspanning groter is dan 200 mbar).

De schade van één overschrijdingsperiode is het verschil tussen potentiële en actuele totale opbrengst voor die periode, en wordt gegeven als percentage van de totale potentiële opbrengst van het groeiseizoen (zonder de dagen waarop de vochtspanning groter is dan 200 mbar).

Het begin van de berekeningen valt in het begin van maart, wanneer de gewasgroei op zijn vroegst begint. Gekozen is voor dag 60, dat is 1 maart. De produktie gaat door tot begin november, de berekeningen tot 27 november, dag 331. Het groeiseizoen loopt in het model dus van dag 60 t/m dag 331.

Achteraf worden dan aan het begin of het einde van het groeiseizoen één of meer overschrijdingsperiodes weggelaten, als de groei nog niet was begonnen, of het maaien en beweiden al waren beëindigd.

3.2 Produktie van de "ruwe gegevens"

Het groeiseizoen moet worden onderverdeeld in periodes, omdat niet bekend is of het verband tussen wateroverlast en produktieverlies gedurende het hele seizoen hetzelfde is. De gevoeligheid voor wateroverlast is na 1 mei groter dan ervoor (hoofdstuk 4).

Om de beste lengte van overschrijdingsperiode en van de beste overschrijdingsdiepte te bepalen, zijn de uitkomsten voor alle drie de bodemprofielen afzonderlijk geoptimaliseerd.

Er zijn 4 periodelengtes geprobeerd, namelijk 15, 30, 60 en 90 dagen. Een eenvoudige verdeling van de periodes over het seizoen staat in figuur 5. De periodes van 60 dagen overlappen elkaar met 30 dagen, de periodes van 90 dagen met 60 dagen.

Verder zijn er verschillende begindagen genomen, n.l. dag 60, 70, 80, enz. t/m dag 270.

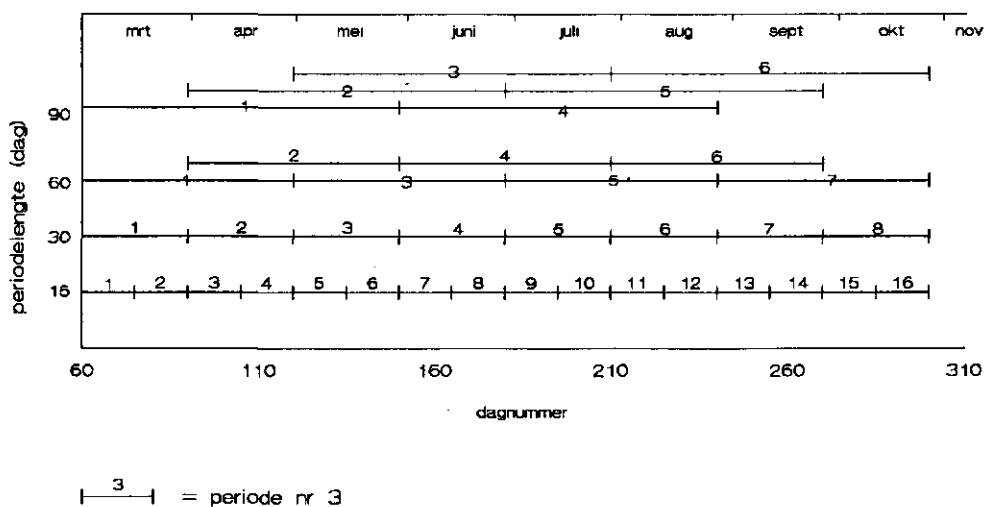


Fig. 5 Een voorbeeld van de periodes die ontstaan bij verschillende periodelengtes en één begindag. Periodes overlappen elkaar

Tegelijkertijd zijn 5 waarden voor de overschrijdingsdiepte gebruikt om de beste daarvan te vinden. Deze waarden zijn gekozen rond waarden die gebaseerd zijn op de draagkracht-zuigspanning relaties van Beuving (Peerboom, 1990) van figuur 6. In figuur 6 loopt een horizontale lijn door de waarde van 0,6 mPa indringingsweerstand. De indringingsweerstand is de druk die nodig is om een apparaat met gestandaardiseerde afmetingen, een penetrometer, de grond in te duwen. Het is een maat voor de draagkracht van de grond. Het vee wordt uitgeschaard, wanneer de draagkracht gedurende 4 dagen beneden 0,6 mPa ligt. Voor de drie bodemprofielen wordt dat punt bij verschillende vochtspanningen bereikt, nl. 30 mbar, 40 mbar en 70 mbar voor B1O1, B3O3, en vWz. Dat wil zeggen dat een vochtige B1O1 een grotere draagkracht kan hebben dan een drogere vWz.

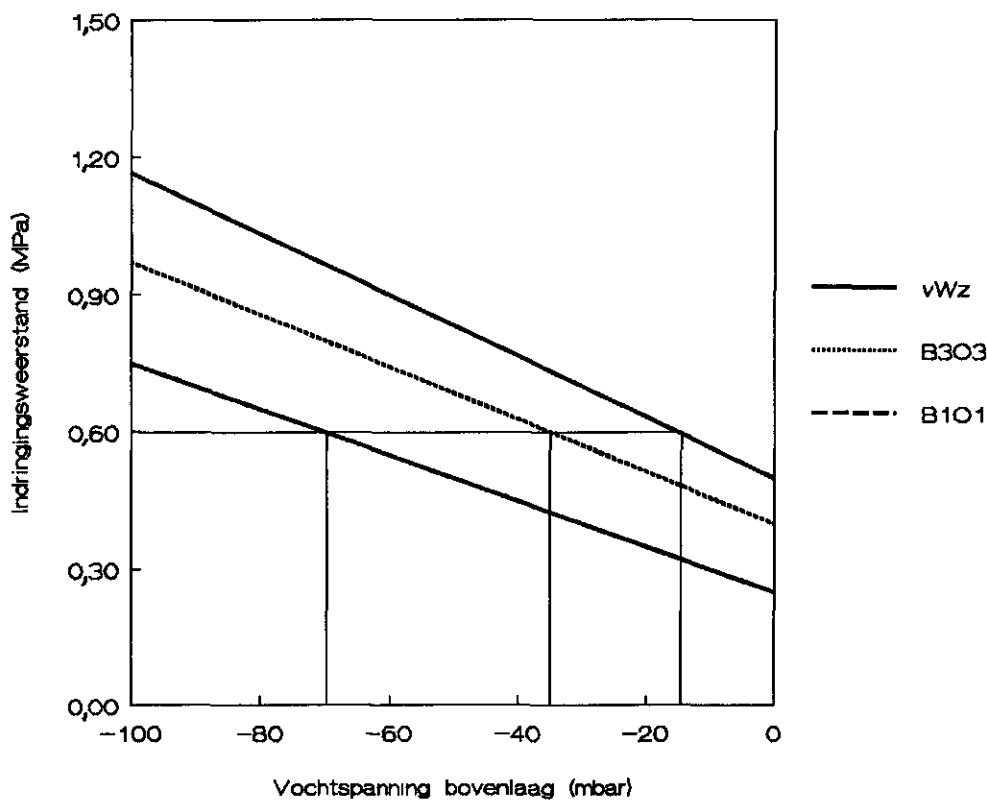


Fig. 6 De relaties tussen vochtspanning en indringingsweerstand

Uitgaande van een evenwichtsprofiel komen deze vochtspanningen in mbar overeen met dezelfde diepte in cm onder maaiveld van het grondwater (bijvoorbeeld op 40 cm onder maaiveld is de vochtspanning 40 mbar). Voor de eenvoud is er voor de eerste schatting van overschrijdingsdieptes voor elk bodemprofiel van het evenwichtsprofiel uitgegaan. Om deze drie waarden heen zijn per bodemprofiel twee hogere en twee lagere waarden genomen. De resulterende overschrijdingsdieptes zijn de volgende:

Tabel 2 Eerste schatting van de overschrijdingsdieptes voor de drie bodemprofielen, met elk twee lagere en twee hogere waarden

Bodem	Overschrijdingsdieptes (cm - mv.)				
	lagere waarden		eerste schatting		hogere waarden
B3O3 (lemig zand)	20	30	40	50	60
B1O1 (leemarm zand)	10	20	30	40	50
vWz (moerige eerdgrond)	50	60	70	80	90

De indringingswaarde waarbij de draagkracht te laag is geworden voor berijding door machines, is gesteld op 0,5 mPa. Wanneer die waarde niet meer bereikt wordt, kan er geen gras meer gemaaid, geschud of opgeraapt worden.

Alle vier periodelengtes, alle 25 begindagen en alle vijf overschrijdingsdieptes van alle drie de bodemprofielen, zijn doorerekend. Dat levert per doorerekend jaar, per peilverloop, per periode van 15, 30, 60 of 90 dagen, en voor elk van de begindagen, één schadepercentage op, en 5 overschrijdingssommen. Uit deze de ruwe gegevens kunnen de optimale periodelengte en overschrijdingdiepte worden berekend.

Figuur 7 t/m 10 laten voorbeelden zien, waarin tevens de lineaire regressielijnen zijn aangegeven, en de correlatiecoëfficiënten. Er is ook niet-lineaire regressie berekend, met name voor 2° graads krommen en logistische krommen. De resultaten daarvan waren niet beter dan die van lineaire regressie.

Elk punt in deze figuren geeft het resultaat van de schadeberekening van één jaar, één peilverloop. De natte omstandigheden (hoge peilen) liggen het verst van de oorsprong. De schaal van de y-as is niet bij alle figuren dezelfde, omdat de produktie in de zomer veel hoger is dan in het voorjaar.

Figuur 7 vertoont periode 7 met een periodelengte 15 dagen, van bodemprofiel B3O3, die in de eerste helft van juni valt, dus in het groeiseizoen. In deze tijd van het jaar zou het schadelijk effect van wateroverlast consequent erg groot moeten zijn. Dat de correlatiecoëfficiënten zo laag zijn, komt doordat 15 dagen te kort is. Het 15-daags gemiddelde van de werkelijke vochtgehalten van de bodem komt nog niet voldoende overeen met het evenwichtsprofiel.

Figuur 8 vertoont periode 3 met een periodelengte van 30 dagen, van bodemprofiel B3O3, die samen valt met de maand juni. De correlatiecoëfficiënten zijn duidelijk hoger dan in figuur 7, en dat wijst er op, dat het 30-daags gemiddelde van de werkelijke vochtgehalten van de bodem beter overeenkomt met het evenwichtsprofiel.

Figuur 9 vertoont periode 3 met een periodelengte van 60 dagen, van bodemprofiel vWz, die bestaat uit de maanden juli en augustus. De correlatiecoëfficiënten zijn hoog. Of dat het gevolg is van de lagere draagkracht van deze bodem, of van de langere periode, wordt in paragraaf 4.2 onderzocht.

Figuur 10 vertoont periode 2 met een periodelengte van 90 dagen, van bodemprofiel B1O1. Deze periode beslaat juni, juli en augustus.

In tabel 3 staan als voorbeeld de correlatiecoëfficiënten van bodemprofiel B3O3, van alle periodes.

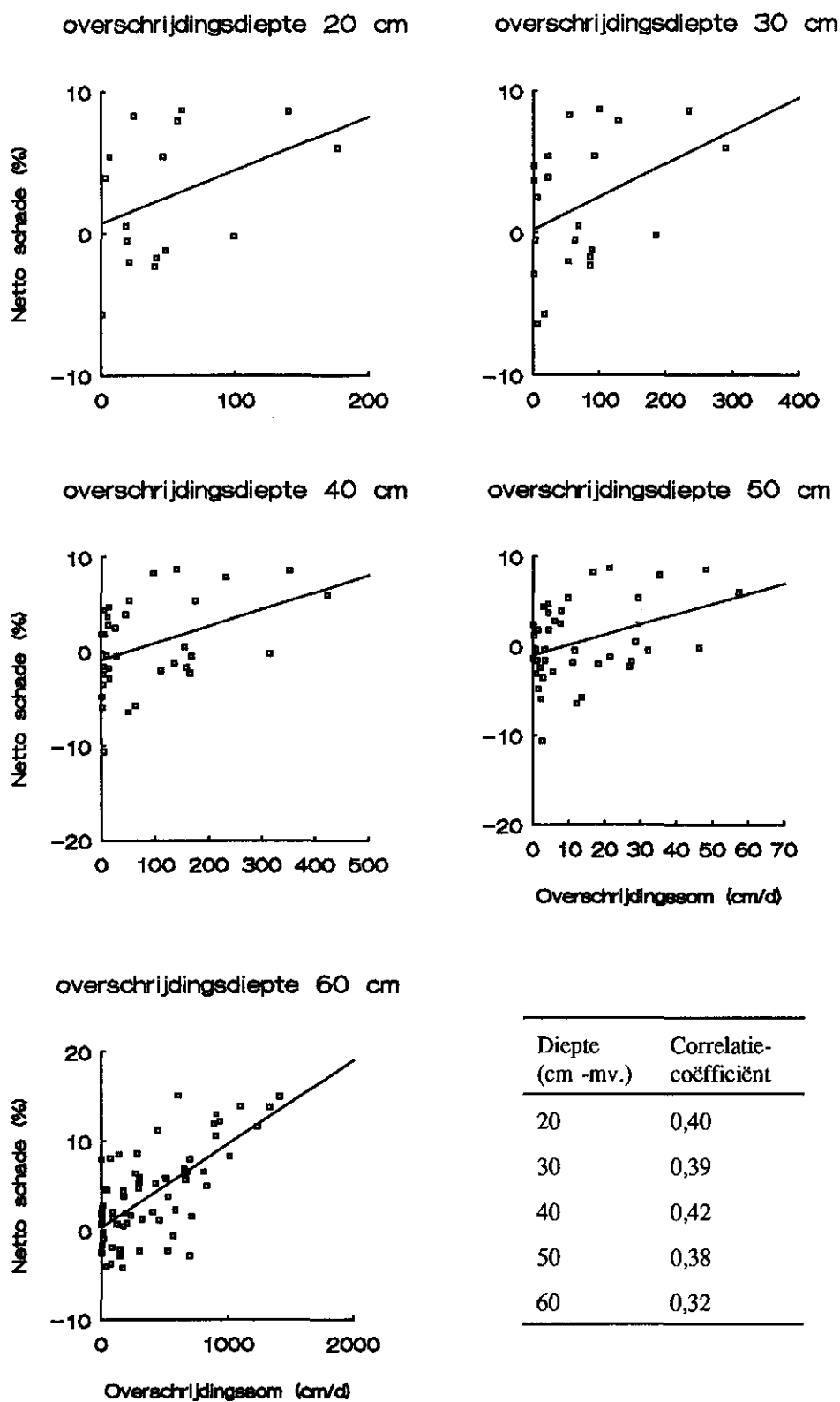


Fig. 7 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 15 dagen, periode 7 (dag 150-165), bodemprofiel B303

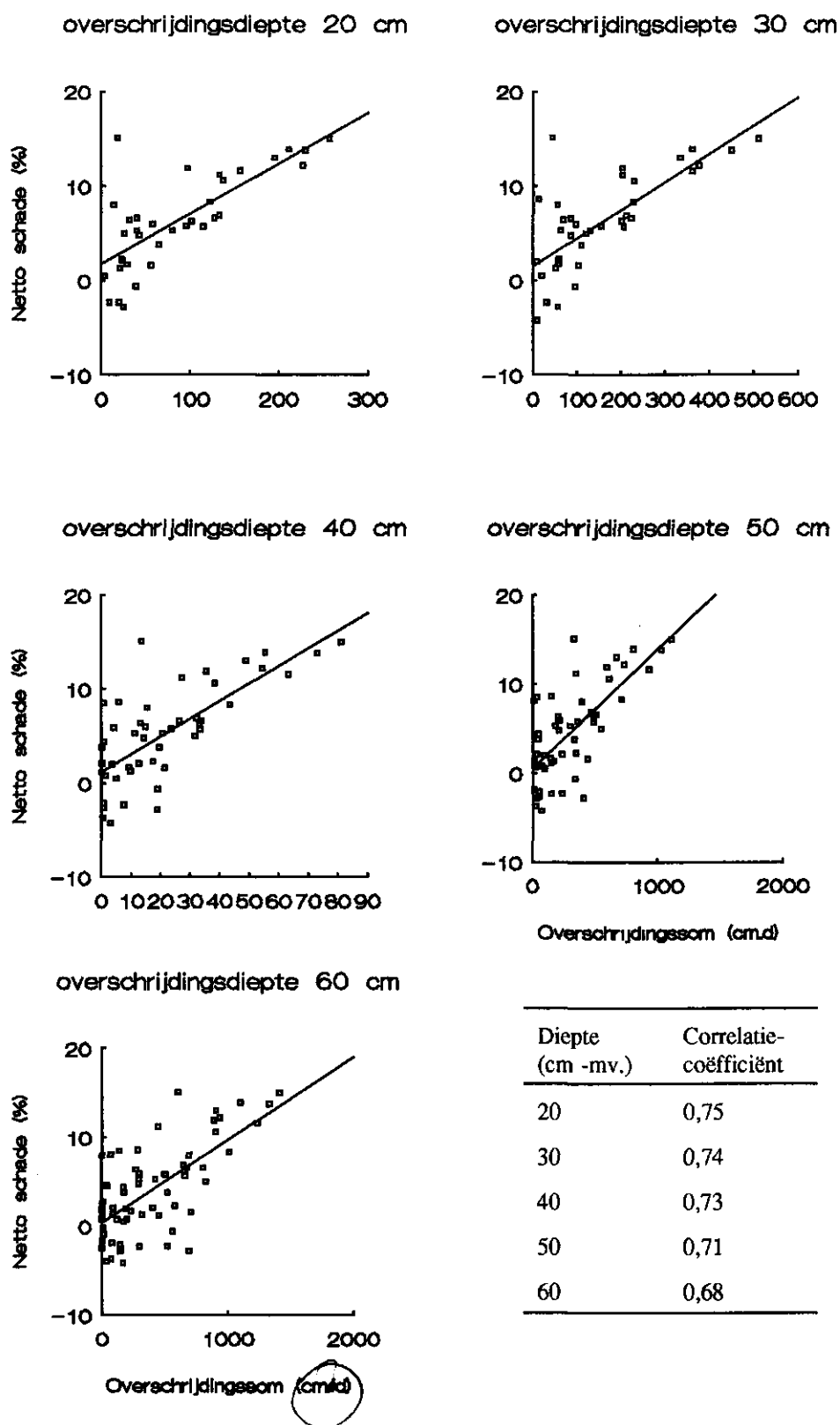


Fig. 8 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 30 dagen, periode 3 (dag 120-150), bodemprofiel B30

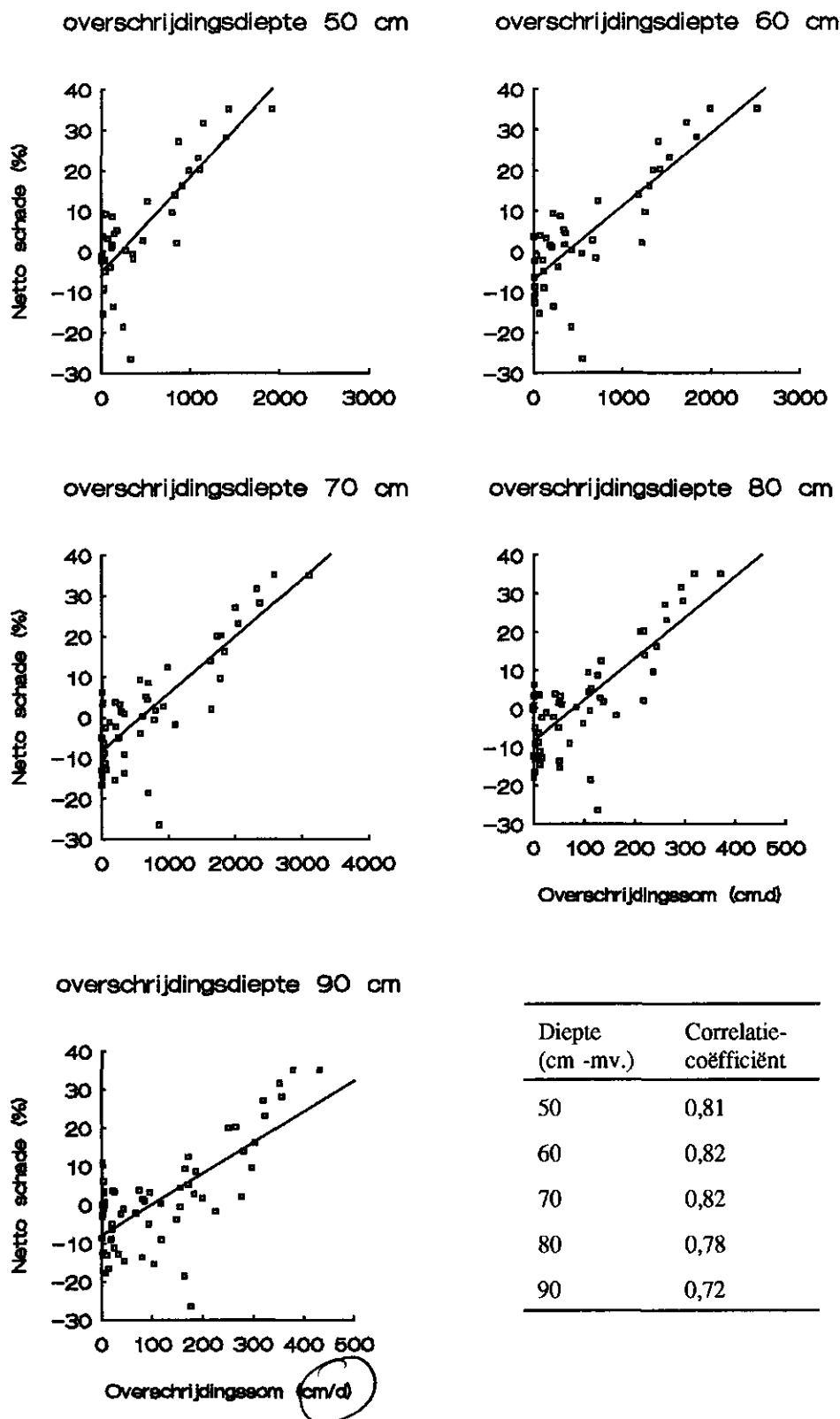


Fig. 9 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 60 dagen, periode 3 (dag 120-180), bodemprofiel vWz

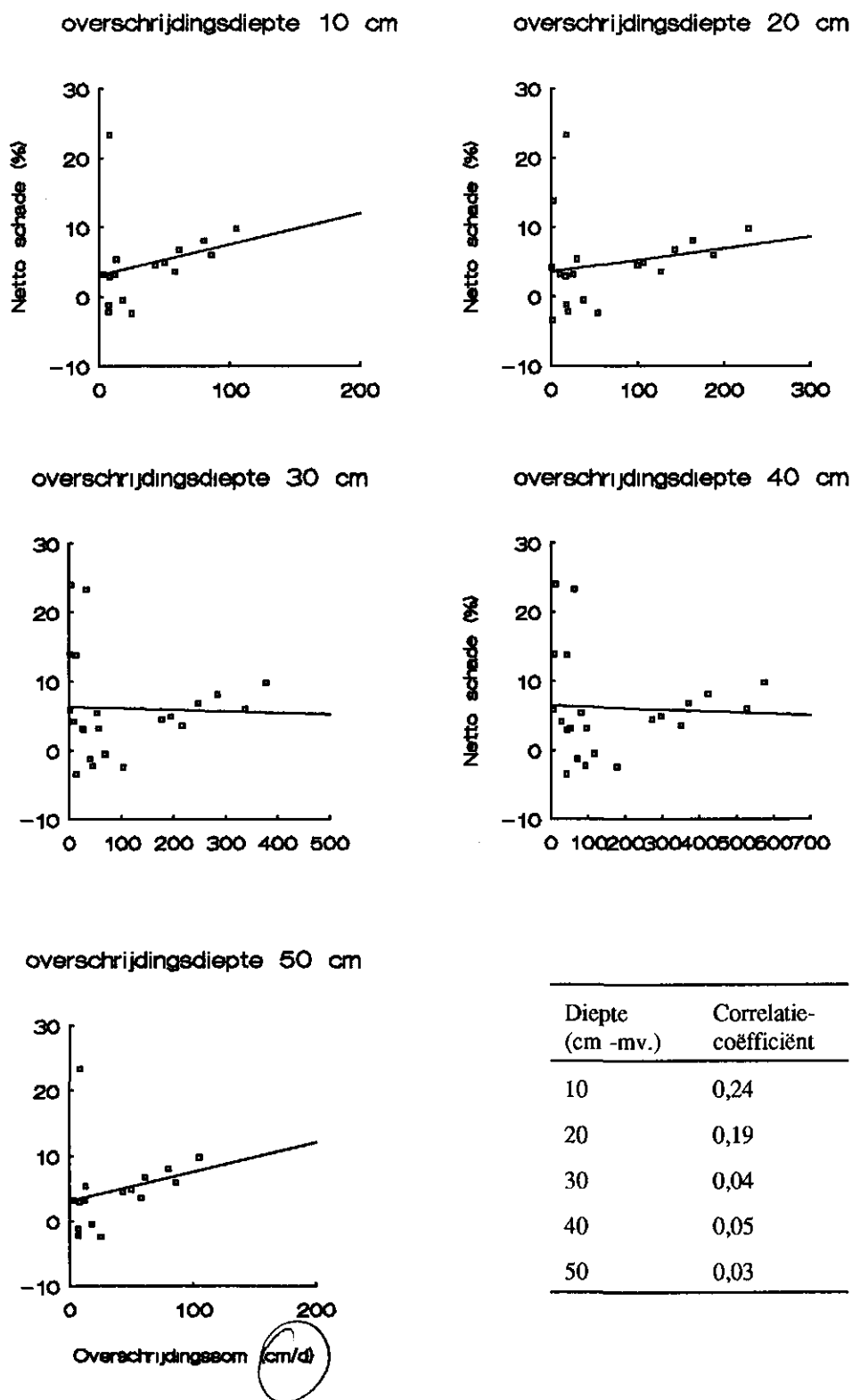


Fig. 10 Netto schade en regressielijnen van 5 overschrijdingsdieptes, periodelengte 90 dagen, periode 7 (dag 150-240), bodemprofiel B101

Tabel 3 De correlatiecoëfficiënten van overschrijdingssom en schadepercentage (voor 4 periodelengtes, 18 jaren, 8 grondwatertrappen en 5 overschrijdingsdieptes) met begindag 60, van bodemprofiel B303

Datum	Periodenr.	Correlatiecoëfficiënten bij verschillende dieptes (cm - mv.)				
		20	30	40	50	60
Periodelengte 15 dagen:						
15/4	3	0,33	0,37	0,24	0,29	0,26
30/4	4	-0,17	0,03	0,17	0,01	0,05
15/5	5	0,29	0,37	0,38	0,41	0,46
30/5	6	0,48	0,25	0,13	0,16	0,09
14/6	7	0,39	0,39	0,42	0,38	0,32
29/6	8	0,5	0,53	0,53	0,52	0,5
14/7	9	0,41	0,46	0,41	0,42	0,37
29/7	10	0,65	0,75	0,73	0,73	0,71
13/8	11	0,68	0,73	0,77	0,78	0,72
28/8	12	0,04	-0,03	-0,08	0,03	0,2
12/9	13	0,85	0,73	0,73	0,65	0,65
27/9	14	0,43	0,45	0,36	0,27	0,28
12/10	15	0,67	0,64	0,62	0,49	0,37
27/10	16	0,73	0,72	0,71	0,62	0,48
Periodelengte 30 dagen:						
31/3	2	0,17	0,32	0,29	0,32	0,32
30/4	3	0,75	0,74	0,73	0,71	0,68
30/5	4	0,41	0,42	0,46	0,48	0,49
29/6	5	0,68	0,73	0,73	0,74	0,73
29/7	6	0,6	0,67	0,71	0,76	0,75
28/8	7	0,19	0,14	0,15	0,17	0,27
27/9	8	0,54	0,56	0,46	0,37	0,25
Periodelengte 60 dagen:						
1/3	1	0,15	0,14	0,15	0,17	0,23
30/4	2	0,76	0,8	0,8	0,78	0,74
30/5	3	0,66	0,71	0,75	0,79	0,82
29/6	4	0,64	0,67	0,68	0,69	0,69
29/7	5	0,79	0,82	0,87	0,89	0,9
28/8	6	0,52	0,57	0,66	0,65	0,66
27/9	7	0,4	0,4	0,38	0,38	0,36
Periodelengte 90 dagen:						
1/3	1	0,58	0,66	0,71	0,72	0,69
31/3	2	0,71	0,72	0,76	0,78	0,77
30/4	3	0,78	0,81	0,84	0,86	0,86
30/5	4	0,72	0,72	0,71	0,74	0,75
29/6	5	0,86	0,77	0,80	0,81	0,8
29/7	6	0,5	0,52	0,54	0,57	0,59

3.3 Optimalisering van periodelengte en overschrijdingsdiepte

Elke correlatiecoëfficiënt (van het verband tussen schade en wateroverlast) hoort bij één periodelengte en één overschrijdingsdiepte. De hoogte van de correlatiecoëfficiënt

is dus een functie van de periodelengte en de overschrijdingsdiepte. Om de beste periodelengte en overschrijdingsdiepte te bepalen zijn de correlatiecoëfficiënten statistisch geanalyseerd. Eerst werd aan elke correlatiecoëfficiënt een gewicht toegekend, afgeleid van het bijbehorende schadepercentage. Omdat de schade per periode wordt uitgedrukt als percentage van de totale potentiële opbrengst, zullen periodes met relatief weinig schade weinig gewicht in de schaal leggen. Dit is gedaan omdat sommige periodes hoge overschrijdingssommen vertonen, gepaard met een lage absolute schade, omdat er zo weinig grasgroei was.

Met deze gewichten is de correlatiecoëfficiënt als functie van periodelengte en overschrijdingsdiepte berekend. Een dergelijke functie heet een responsie-oppervlak. Omdat er maar 2 verklarende variabelen zijn, de overschrijdingsdiepte en de periodelengte, kan de functie weergegeven worden als een contour-grafiek. Een contour-grafiek is een soort hoogtelijnen-kaart, waarbij de x-variabelen de kaartcoördinaten zijn, en de hoogtelijnen de waarde van de y-variabele weergeven. In dit geval zijn de x-variabelen de overschrijdingsdiepte en de periodelengte, en is de y-variabele de correlatiecoëfficiënt.

Er wordt verondersteld dat het responsie-oppervlak beschreven kan worden met een kwadratische functie in periodelengte en overschrijdingsdiepte. De functie ziet er als volgt uit:

$$\text{correlatiecoëfficiënt} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_1^2 + b_4 \cdot x_2^2 + b_5 \cdot x_1 \cdot x_2 + E$$

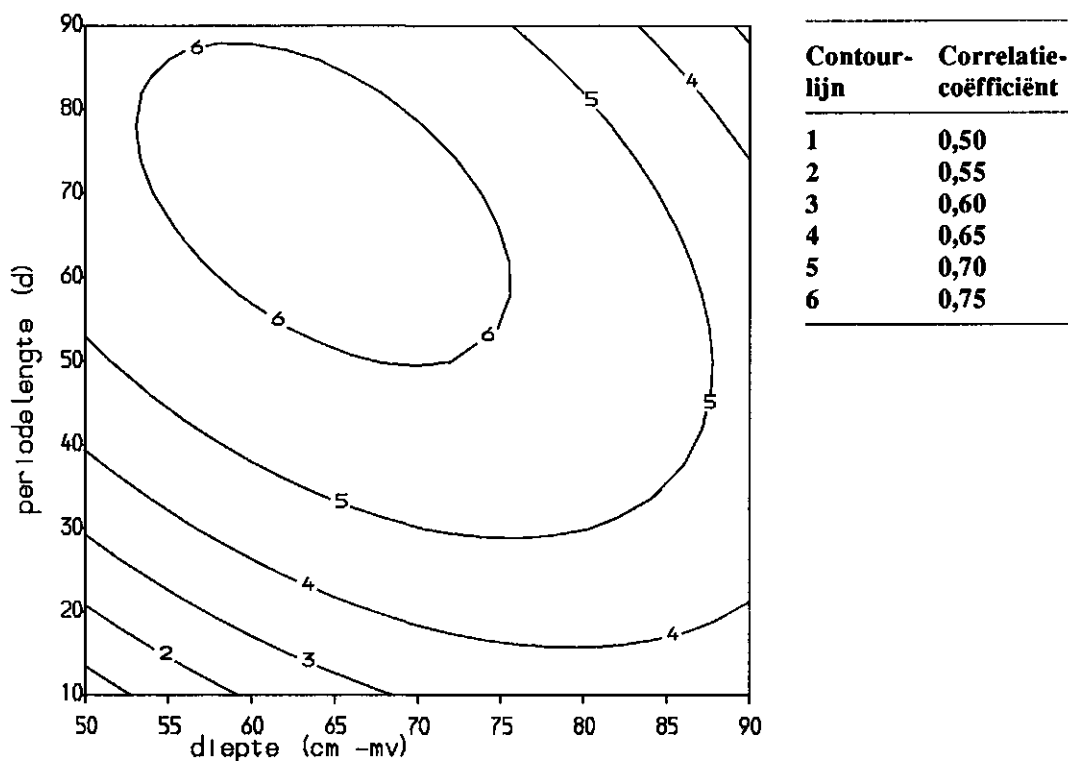


Fig. 11 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel vWz

Hierin zijn b_0 t/m b_5 de met regressieanalyse te verkrijgen parameters, x_1 is de periodelengte en x_2 is de overschrijdingsdiepte. E is de restterm. Figuur 11 laat de contourgrafiek zien voor bodemprofiel vWz.

Uit figuur 11 valt te lezen dat de correlatiecoëfficiënt een optimum heeft bij een periodelengte van 70 dagen en een overschrijdingsdiepte van 65 cm. Dan ligt de correlatiecoëfficiënt boven 0,75. Uit praktische overwegingen is gekozen voor een periodelengte van 60 dagen, ofwel 2 maanden. De overschrijdingsdiepte komt op 70 cm - mv. te liggen.

De waarden waaruit deze grafiek is samengesteld, staan in aanhangsel 4.

Hetzelfde is gedaan voor bodemprofiel B3O3. Figuur 12 laat zien, dat er voor deze bodem geen optimum ligt binnen het gesimuleerde gebied. De relatie draagkracht-zuigspanning voor deze bodem (figuur 6) geeft aan, dat de overschrijdingsdieptes ondieper gekozen moeten worden dan bij bodem vWz (zie tabel 2). Wanneer de lengte van de overschrijdingsperiodes te groot wordt gekozen, moet men in de praktijk te lang wachten op de resultaten. Tevens is het gemakkelijk, wanneer de periodelengte voor elk bodemprofiel gelijk is. Daarom is de periodelengte ook hier op 60 dagen gesteld. Bij die lengte hoort een overschrijdingsdiepte van 50 cm. De hiermee berekende correlatiecoëfficiënten tussen schades en overschrijdingssommen staan gedeeltelijk in tabel 3.

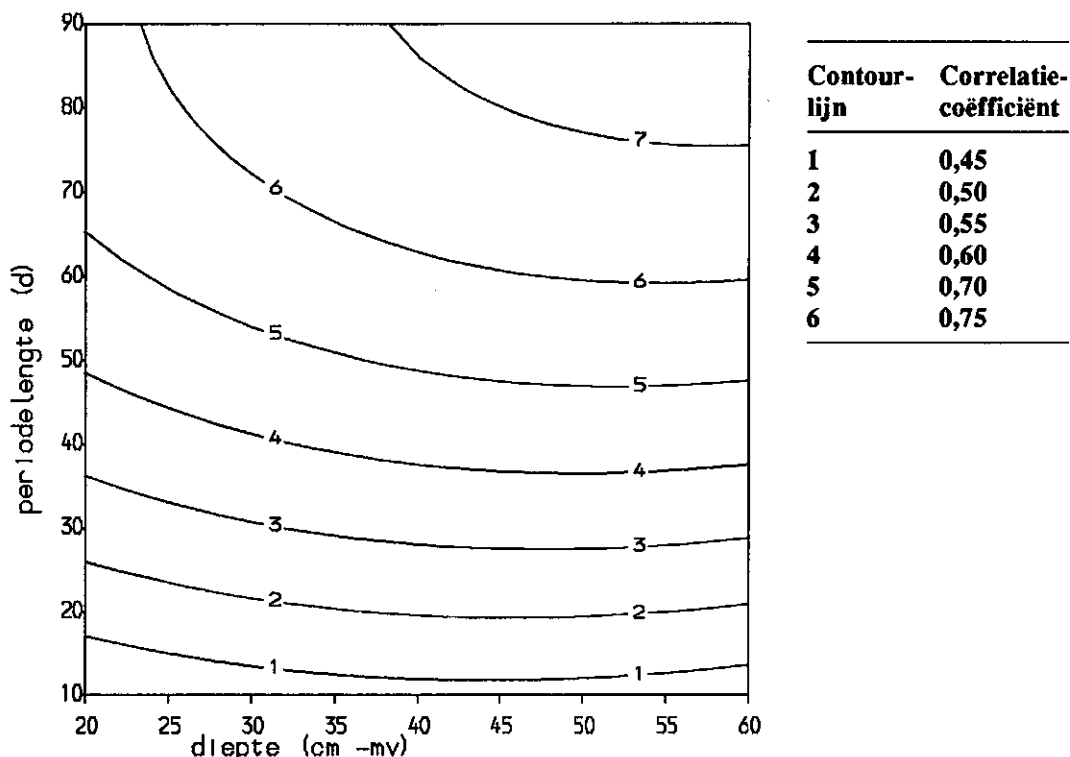


Fig. 12 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel B3O3

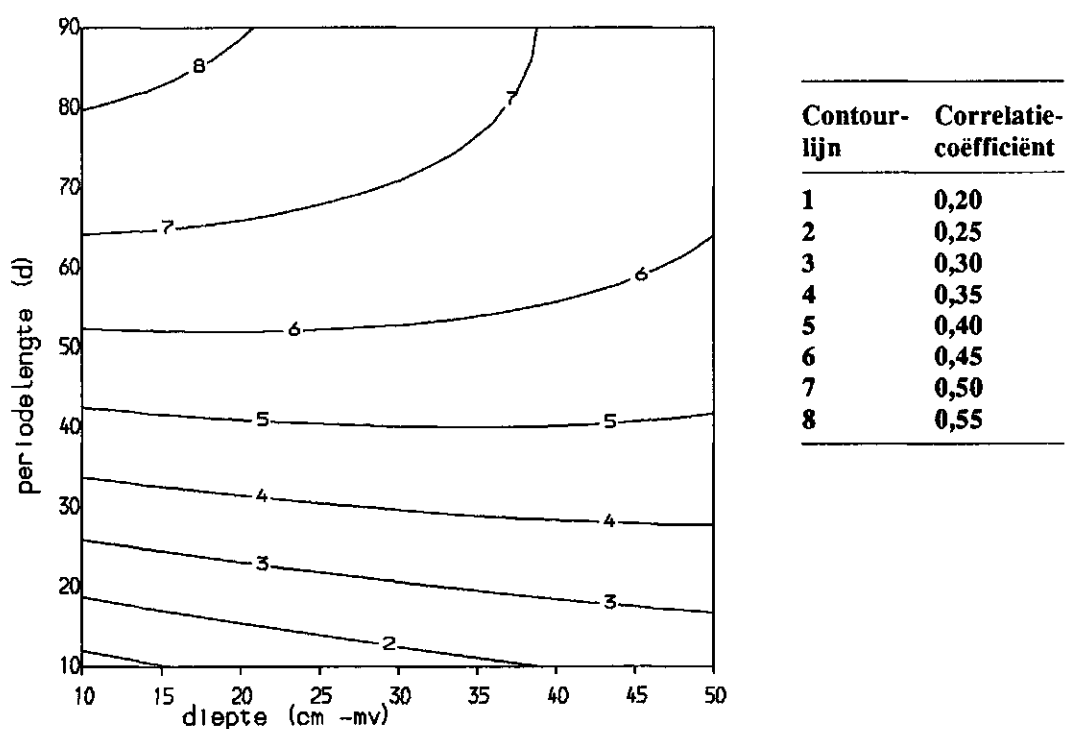


Fig. 13 Contourgrafiek van het responsievlak van overschrijdingsgrens en periodelengte, bodemprofiel B101

Dezelfde berekeningen voor bodem B101 leveren figuur 13. Een mogelijk optimum ligt buiten de figuur, bij een lange periodelengte, en de overschrijdingsdiepte gelijk met het maaiveld of er boven. De periodelengte wordt ook hier 60 dagen, zodat de overschrijdingsdiepte op 20 cm uitkomt. Deze periodelengte is gekozen om overeen te stemmen met die van bodemprofiel vWz. De correlatiecoëfficiënten zijn laag. De waarden waaruit deze grafiek is gemaakt staan in aanhangsel 3.

4 RESULTATEN EN REGRESSIE VOOR DE DRIE BODEMPROFIELEN

Wegens de uitkomsten van de berekeningen in hoofdstuk 2 worden de volgende overschrijdingsdieptes aangehouden:

Tabel 4 De gekozen overschrijdingsdieptes voor de drie bodemprofielen

Bodemprofiel	Overschrijdingsdieptes (cm - mv.)
B3O3	50
B1O1	20
vWz	70

De periodelengte is 60 dagen, en de begindagen zijn dag 60, 70, 80, 90 enz. t/m dag 270. Dat betekent 21 overlappende periodes van 60 dagen (zie figuur 5). Er vallen in het voorjaar periodes af, omdat de overschrijdingssom te laag is.

Voor elk bodemprofiel is voor elke periode een regressielijn berekend. Al die regressielijnen staan in figuur 14 t/m 16.

Om na te gaan of er essentiële verschillen zijn tussen voorjaar en zomer in de gevolgen van wateroverlast zijn de correlatiecoëfficiënten van alle periodes in groepen ingedeeld en ook de hellingshoeken van de regressielijnen. Hieruit blijkt dat de zomer begint op dag 95 en eindigt op dag 235 (april t/m augustus). Voor dag 95 is het voorjaar, en na dag 235 het najaar. Vanwege de geringe schade en de lage correlatiecoëfficiënten worden de najaarsperiodes verder weggelaten.

De regressielijn voor alle zomerperiodes samen is berekend, en de regressielijn voor alle voorjaarperiodes samen. Deze regressielijnen geven het verband tussen overschrijdingssom en produktievermindering voor bodemprofiel B3O3.

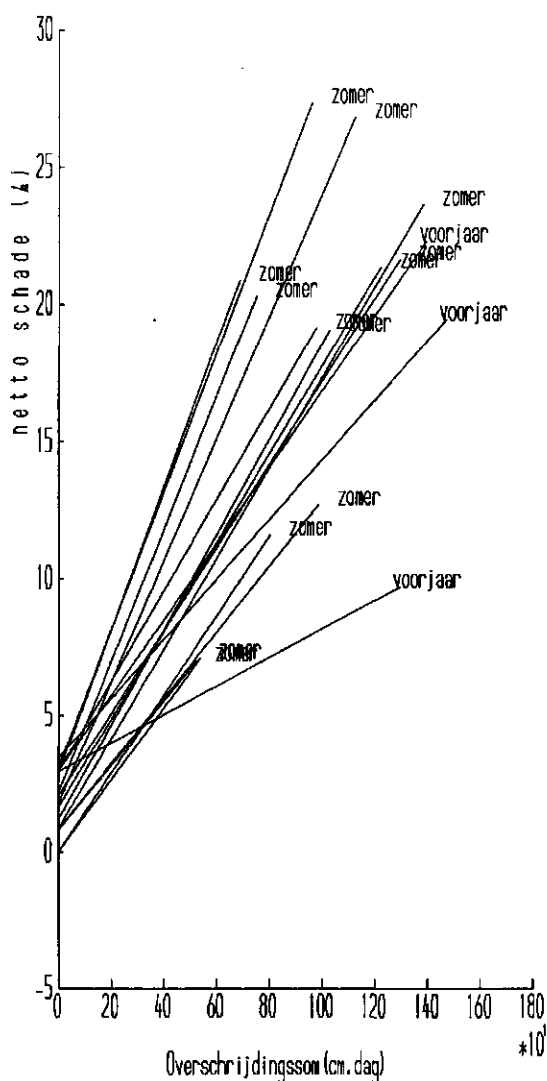
ZOMER: correlatiecoëfficiënt = 0,75

VOORJAAR: correlatiecoëfficiënt = 0,65

ZOMER: nettoschade = $0,011 \cdot \text{overschrijdingssom}(50)$

VOORJAAR: nettoschade = $0,006 \cdot \text{overschrijdingssom}(50)$

De nettoschade is uitgedrukt als een percentage van de totale potentiële opbrengst voor het hele groeiseizoen (kg droge stof).



Seizoen	Begin dag	Correlatie-coëfficiënt	Hellingshoek
voorjaar	70	0,45	0,005
	80	0,71	0,011
	90	0,77	0,014
	alle	0,61	0,009
zomer	100	0,78	0,024
	110	0,80	0,026
	120	0,70	0,017
	140	0,55	0,014
	150	0,64	0,017
	160	0,80	0,025
	170	0,79	0,022
	180	0,82	0,016
	190	0,73	0,015
	200	0,80	0,016
	210	0,62	0,012
	220	0,54	0,012
	230	0,49	0,013
	240	0,32	0,004
	250	0,33	0,003
	260	0,52	0,004
	alle	0,69	0,017

Fig. 14 De regressielijnen voor alle periodes, onderscheiden naar voorjaar en zomer, voor bodemprofiel B303 (periodelengte 60 dagen). In de tabel de regressiewaarden

(50) geeft de overschrijdingsdiepte aan (cm.dag), waarvoor de overschrijdingssom moet worden berekend.

De correlatiecoëfficiënten zijn bij bodemprofiel B101 laag, en de lijnen lopen alle kanten op. Wel zijn de lijnen voor voor- en najaar duidelijk de laagste. De correlatiecoëfficiënten en regressievergelijkingen zijn:

ZOMER: correlatiecoëfficiënt = 0,52

VOORJAAR: correlatiecoëfficiënt = 0,09

ZOMER: $\text{nettoschade} = 0,026 \cdot \text{overschrijdingssom}(20)$

VOORJAAR: $\text{nettoschade} = 0,002 \cdot \text{overschrijdingssom}(20)$

Oorzaak voor de relatieve chaos is dat deze grond ook bij lage zuigspanningen (zeer hoge waterstanden) vaak nog voldoende draagkracht heeft. De schade die optreedt is daarom niet zozeer het gevolg van te geringe draagkracht als wel van kou,

zuurstofgebrek, denitrificatie en dergelijke in de wortelzone. De grootte van de schade is ook geringer, maximaal 15%, tegen 25% en 50% bij de andere bodemprofielen. Wanneer er eenmaal wateroverlast optreedt, loopt de schade snel op. Dat is het gevolg van het feit, dat deze bodem sneller verzadigd is dan de andere twee.

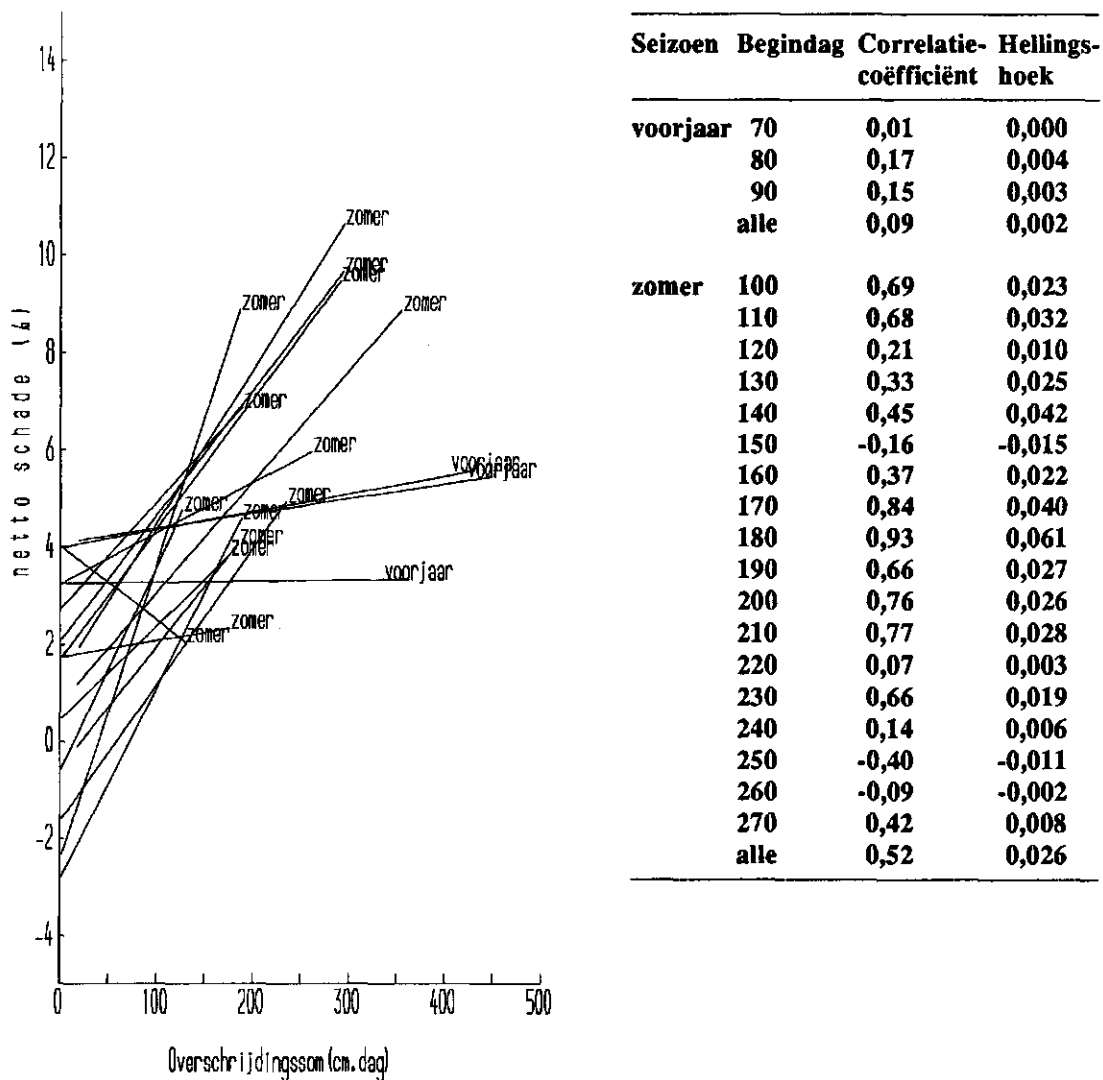


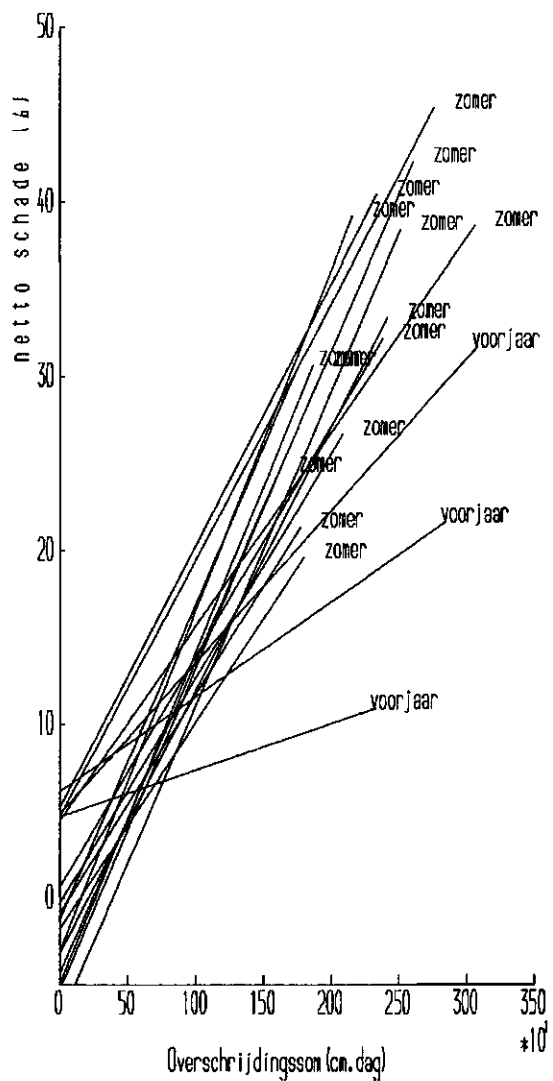
Fig. 15 De regressielijnen voor alle periodes, onderscheiden naar voorjaar en zomer, voor bodemprofiel B101 (periodelengte 60 dagen), In de tabel de regressie-waarden

Doordat deze zandbodem vWz een moerige bovenlaag heeft, is de draagkracht al bij geringe wateroverlast onvoldoende. De berekende nettoschade loopt dan ook hoog op, tot 50% van de totale opbrengst tussen zomer en voorjaar, en de correlatiecoëfficiënten zijn hoog, respectievelijk 0,71 en 0,54. De correlatiecoëfficiënten en regressievergelijkingen zijn:

ZOMER: correlatiecoëfficiënt = 0,75
 VOORJAAR: correlatiecoëfficiënt = 0,62

ZOMER: nettoschade = 0,012 · overschrijdingssom(70)
 VOORJAAR: nettoschade = 0,005 · overschrijdingssom(70)

De nettoschade is uitgedrukt als een percentage van de totale potentiële opbrengst (kg droge stof).



Seizoen	Begindag	Correlatie-coëfficiënt	Hellingshoek
voorjaar	70	0,39	0,003
	80	0,68	0,005
	90	0,80	0,009
	alle	0,60	0,005
zomer	100	0,83	0,011
	110	0,87	0,015
	120	0,82	0,015
	130	0,76	0,018
	140	0,72	0,019
	150	0,69	0,019
	160	0,77	0,020
	170	0,83	0,018
	180	0,82	0,018
	190	0,80	0,015
	200	0,74	0,013
	210	0,69	0,013
	220	0,60	0,013
	230	0,55	0,012
	alle	0,75	0,015

Fig. 16 De regressielijnen van het hele seizoen voor bodemprofiel vWz (periodelengte 60 dagen).
In de tabel staan de regressiewaarden

5 CONCLUSIE

De drie onderzochte bodemprofielen verschillen opvallend in de hoogte van de correlatiecoëfficiënt van de schade en de overschrijdingssom. De richtings-coëfficiënten van de drie regressielijnen van de zomerperiode zijn:

B3O3: 0,011 %/cm·dag

B1O1: 0,026 %/cm·dag

vWz : 0,012 %/cm·dag

Uit deze cijfers blijkt, dat er grote verschillen tussen de bodems zijn. Daarbij komt nog dat bij elk bodemprofiel een andere overschrijdingsdiepte gebruikt moet worden.

De vergelijkingen in hoofdstuk 4 zijn bruikbaar als eenvoudige en betrouwbare voorspellers voor schade ten gevolge van wateroverlast tijdens de meest produktieve periode van het grasland, april t/m augustus, vooral de op de gevoeligere bodems B3O3 (lemig zand) en vWz (moerige eerdgrond). In de relatief ongevoelige bodem B1O1 (leemarm zand) zal zich in de praktijk slechts zelden zo'n hoge grondwater-stand voordoen dat er problemen ontstaan.

De regressielijnen voor het voorjaar lopen uiteen:

B3O3: 0,006 %/cm·dag

B1O1: 0,002 %/cm·dag

vWz : 0,005 %/cm·dag

Met deze vergelijkingen valt wat betreft bodemprofiel B1O1 niet veel te beginnen. Voor de andere 2 bodemprofielen zijn de vergelijkingen wel bruikbaar.

Ter illustratie:

Een week lang in de zomer een grondwaterpeil van 10 cm beneden maaiveld levert bij bodemprofiel B3O3 een overschrijdingssom van $7 \cdot (50-10) = 280$ cm·dag.

Dat geeft een schade van $280 \cdot 0,011 = 3,08\%$. Bij een potentiële opbrengst van ongeveer 12000 kg/ha droge stof per jaar is dat een schade van ongeveer 360 kg.

Voor B1O1 is de schade: $7 \cdot (20-10) \cdot 0,026 \cdot 12000 / 100 = 218$ kg

Voor vWz is de schade: $7 \cdot (50-10) \cdot 0,020 \cdot 12000 / 100 = 403$ kg

6 EVALUATIE

6.1 Enkele onzekerheden in het model

Er zijn aannames in het bedrijfsmodel GRAMAN die misschien voor verbetering of verfijning vatbaar zijn. Deze aannames betreffen vooral de beslissingen die de boer neemt, wanneer de draagkracht te gering wordt. Het is moeilijk aan te tonen of de gebruikte waarden van 0,5 en 0,6 MPa als ondergrens voor de draagkracht onder alle omstandigheden realistisch zijn. Het is mogelijk dat een boer die op klei woont, bij langdurige wateroverlast anders zal handelen dan een boer op zand.

Twee zaken spreken voor de betrouwbaarheid van de uitkomsten van SWAGRA:

- de correlatiecoëfficiënten van de bodemprofielen B3O3 en vWz, dus de bodemprofielen waar schade ten gevolge van wateroverlast te verwachten was, zijn hoog (in de zomers);
- de regressielijnen die in de figuren 14 t/m 16 getekend zijn, gaan voor het grootste deel bijna door de oorsprong.

Er is naar aanleiding van de door SWAGRA geproduceerde cijfers geen reden om aan te nemen dat het verband tussen schade en wateroverlast lineair moet zijn. Ook de niet-lineaire regressie (2^o graads en logistisch) is berekend, maar de resultaten daarvan waren niet beter dan die van lineaire regressie.

6.2 De gevoeligheid voor het begintijdstip van de berekeningen

De begindatum van de berekeningen, 1 maart, is gekozen aan de hand van het vroegste begin van de grasgroei. Dat begin wordt bepaald door de temperatuursom en het verloop van de grondwaterstand. Het toeval speelt een zekere rol bij het hele onderzoek, via de meteorologie. De oorzaak daarvan is, dat moeilijk te bepalen is hoe de steekproefomvang van 18 weerjaren zich verhoudt tot de populatieomvang van alle mogelijke jaren. Het is onmogelijk te bepalen hoeveel verschillende meteorologische jaren er werkelijk mogelijk zijn in ons klimaat.

Om een indruk te krijgen van gevoeligheid van het model voor verschillende begintijdstippen, zijn de correlatiecoëfficiënten voor de 3 bodemprofielen, met periodelengte 60 dagen, in figuur 17 weergegeven. Bij bodemprofiel B1O1, zit er veel meer spreiding in de correlatiecoëfficiënten tussen schade en overschrijdingssom dan bij de andere 2 bodemprofielen.

Het is niet met zekerheid te zeggen of de hoogte- en dieptepunten in figuur 17 veroorzaakt worden door een eigenaardigheid van het Nederlandse klimaat, zoals bijzonder variabele omstandigheden in de maanden mei en augustus, of door een eigenaardigheid van het model, zoals een fout in de berekening van de optimale produktie, of een effect van de bijvoeding, die in die periodes plaats vindt. Het meest waarschijnlijk lijkt, dat de variabiliteit van ons klimaat de oorzaak is. Juist vroeg in

het jaar kan het voorkomen dat natte omstandigheden tot grote verschillen in de draagkracht leiden, terwijl die verschillen later in het seizoen minder voorkomen. Vroeger of later invallen van de herfst heeft een soortgelijk effect.

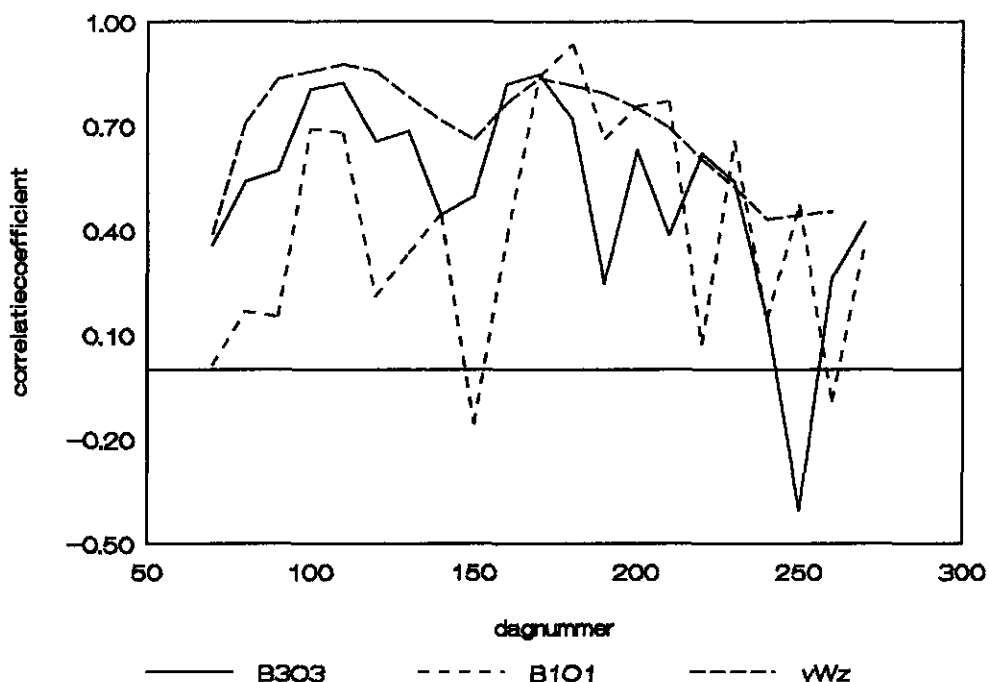


Fig. 17 De correlatiecoëfficiënten van schade en overschrijdingssom tijdens het groeiseizoen. Berekening over 60 dagen

6.3 Verdere toepassingen SWAGRA

Er is nu niet van de mogelijkheid gebruik gemaakt om voor elk perceel een verschillende hydrologische situatie te kiezen, of een verschillende bodemopbouw te geven. Vooral bij de veenweideproblematiek zou dat interessante perspectieven openen om allerlei inrichtingsvarianten door te rekenen.

Door SWAGRA te koppelen met de stikstofhuishouding is een krachtig instrument ter bestudering van de stikstof-milieuproblematiek in de melkveehouderij te realiseren.

Samenvoeging van relaties tussen schade door droogte respectievelijk wateroverlast kan een nieuwe HELP-tabel voor grasland opleveren, inclusief de mogelijkheid rekening te houden met extensivering van de bedrijfsvoering onder natte omstandigheden, en technische aanpassingen als extra brede banden.

Berekening kan met SWAGRA ook gesimuleerd worden.

Omdat de bedrijfsvoering in relatie gebracht wordt met de wateroverlast zijn allerlei scenario's voor de Commissie "Uitrijverbod" door te rekenen.

LITERATUUR

BELMANS C., J.G. WESSELING en R.A. FEDDES, 1983. *Simulation model of the water balance of a cropped soil providing different types of boundary conditions (SWATRE)*. Wageningen, ICW. Nota 1257.

FEDDES, R.A., P.J. KOWALIK en H. ZARADNY, 1978. *Simulation of field water use and crop yield*. Wageningen, PUDOC. Simulation Monographs.

PEERBOOM, J.M.P.M., 1990. *Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 43.

ROMPELBERG, L.E.M., H. WIELING en J. OVERVEST, 1984. *Normen voor de voederverzorging*. Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij. Publ. nr. 23.

WÖSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK en J. BEUVING, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen. ICW-rapporten, nieuwe serie no. 18.

AANHANGSEL 1 DE BEGELEIDINGSCOMMISSIE "ONDERZOEK OPTIMALISERING PEILBEHEER"

dr. P.J.T. van Bakel	DLO-Staring Centrum, Afd. Regionale Waterhuis- houding
H.J. Brinkhof	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
ing. B. Ensing	Gelderse Waterschapsbond
ir. H.J. v. Ieperen	Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Hydraulica en Afvoerhydrologie
ing. H.F.J. v. Kempen (secretaris)	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
ir. P v.d. Kloet	Technische Universiteit Delft, Fac. Electrotechniek
ing. J. Koerselman	Directoraat Landelijke Gebieden, Provincie Gelde- rland
ir. J.W. Kooiman (projectleider)	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
ir. J.D. Leenen	Ingenieursbureau HASKONING
ing. F. Mandersloot	Proefstation voor de Rundveehouderij
ing. G.P. Meijers	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
dr.ir. Th. J. v.d. Nes (voorzitter)	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
ing. P. Nicolai	Consulentschap voor de Rundveehouderij
ir. J.M.S. Overmars	Provincie Gelderland, Dienst Landbouw en Land- inrichting
J. v.d. Plicht	Gelderse Waterschapsbond
ing. G.M. Pronk	Landinrichtingsdienst, Afd L.E.O.
ir. J.N.M. Stricker	Landbouwniversiteit Wageningen, Vakgroep Hyd- raulica en Afvoerhydrologie
ir. Th. Vellinga	Proefstation voor de Rundveehouderij. Afd. Grasland
drs. R.G.V.A. Verkooijen	Provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water

AANHANGSEL 2 DE BODEMFYSISCHES BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE BODEMPROFIELEN

In de bodembeschrijvingen staan achtereenvolgens een kopregel, een getal dat het aantal regels daaronder aangeeft, en dan achterelkaar steeds het vochtgehalte, de vochtspanning in cm en het geleidingsvermogen in dag^{-1} van de bodemlaag in kwestie.

1A Bodem B1O1, leemarm fijn tot zeer fijn zand. Twee lagen.

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" B1: LAYER 0-50 CM

37

0,01	-0,814000E+07	0,132000E-10
0,02	-0,898000E+05	0,181000E-08
0,03	-0,165000E+05	0,720000E-07
0,04	-0,611000E+04	0,811000E-06
0,05	-0,315000E+04	0,470000E-05
0,06	-0,182000E+04	0,225000E-04
0,07	-0,116000E+04	0,897000E-04
0,08	-0,821000E+03	0,246000E-03
0,09	-0,614000E+03	0,543000E-03
0,10	-0,476000E+03	0,109000E-02
0,11	-0,375000E+03	0,212000E-02
0,12	-0,301000E+03	0,390000E-02
0,13	-0,250000E+03	0,649000E-02
0,14	-0,214000E+03	0,990000E-02
0,15	-0,184000E+03	0,150000E-01
0,16	-0,160000E+03	0,210000E-01
0,17	-0,141000E+03	0,310000E-01
0,18	-0,125000E+03	0,430000E-01
0,19	-0,112000E+03	0,610000E-01
0,20	-0,101000E+03	0,840000E-01
0,21	-0,920000E+02	0,116000E+00
0,22	-0,840000E+02	0,159000E+00
0,23	-0,770000E+02	0,219000E+00
0,24	-0,700000E+02	0,300000E+00
0,25	-0,650000E+02	0,410000E+00
0,26	-0,590000E+02	0,555000E+00
0,27	-0,540000E+02	0,746000E+00
0,28	-0,500000E+02	0,990000E+00
0,29	-0,460000E+02	0,127000E+01
0,30	-0,430000E+02	0,157000E+01
0,31	-0,400000E+02	0,189000E+01
0,32	-0,380000E+02	0,223000E+01
0,33	-0,350000E+02	0,261000E+01
0,34	-0,330000E+02	0,294000E+01
0,35	-0,300000E+02	0,354000E+01
0,36	-0,140000E+02	0,814000E+01
0,37	-0,100000E+01	0,319000E+02

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" O1: LAYER 50-150 CM

35

0,01	-0,213000E+05	0,281000E-07
0,02	-0,250000E+04	0,470000E-05
0,03	-0,769000E+03	0,407000E-04
0,04	-0,437000E+03	0,152000E-03
0,05	-0,293000E+03	0,513000E-03
0,06	-0,232000E+03	0,125000E-02
0,07	-0,194000E+03	0,278000E-02
0,08	-0,164000E+03	0,621000E-02
0,09	-0,141000E+03	0,130000E-01
0,10	-0,123000E+03	0,260000E-01
0,11	-0,110000E+03	0,460000E-01
0,12	-0,101000E+03	0,700000E-01
0,13	-0,940000E+02	0,970000E-01
0,14	-0,880000E+02	0,130000E+00
0,15	-0,830000E+02	0,168000E+00
0,16	-0,790000E+02	0,213000E+00
0,17	-0,750000E+02	0,264000E+00
0,18	-0,720000E+02	0,325000E+00
0,19	-0,680000E+02	0,397000E+00
0,20	-0,650000E+02	0,486000E+00
0,21	-0,610000E+02	0,598000E+00
0,22	-0,580000E+02	0,744000E+00
0,23	-0,540000E+02	0,938000E+00
0,24	-0,510000E+02	0,120000E+01
0,25	-0,470000E+02	0,158000E+01
0,26	-0,420000E+02	0,215000E+01
0,27	-0,380000E+02	0,297000E+01
0,28	-0,340000E+02	0,408000E+01
0,29	-0,290000E+02	0,555000E+01
0,30	-0,230000E+02	0,873000E+01
0,31	-0,140000E+02	0,165000E+02
0,32	-0,800000E+01	0,301000E+02
0,33	-0,400000E+01	0,475000E+02
0,34	-0,200000E+01	0,673000E+02
0,35	-0,100000E+01	0,896000E+02

AANHANGSEL 2A BODEM B3O3, STERK LEMIG FIJN TOT ZEER FIJN ZAND.
TWEE LAGEN

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" B3: LAYER 0-50 CM

45

0,01	0,312E+7	0,488E-8
0,02	0,102E+7	0,248E-7
0,03	0,354E+6	0,117E-6
0,04	0,133E+6	0,497E-6
0,05	0,549E+5	0,186E-5
0,06	0,254E+5	0,593E-5
0,07	0,134E+5	0,157E-4
0,08	8420,0	0,301E-4
0,09	5579,0	0,503E-4
0,10	3944,0	0,809E-4
0,11	2886,0	0,129E-3
0,12	2177,0	0,197E-3
0,13	1668,0	0,293E-3
0,14	1301,0	0,427E-3
0,15	1042,0	0,608E-3
0,16	856,0	0,848E-3
0,17	714,0	0,119E-2
0,18	605,0	0,171E-2
0,19	521,0	0,250E-2
0,20	455,0	0,370E-2
0,21	400,0	0,562E-2
0,22	352,0	0,863E-2
0,23	311,0	0,013
0,24	277,0	0,019
0,25	247,0	0,028
0,26	222,0	0,038
0,27	201,0	0,051
0,28	182,0	0,066
0,29	165,0	0,083
0,30	150,0	0,102
0,31	137,0	0,125
0,32	124,0	0,152
0,33	113,0	0,184
0,34	102,0	0,222
0,35	92,0	0,269
0,36	81,0	0,331
0,37	71,0	0,412
0,38	61,0	0,519
0,39	51,0	0,655
0,40	39,0	0,890
0,41	26,0	1,397
0,42	16,0	2,467

0,43	9,0	4,377
0,44	3,0	8,932
0,45	0,0	17,810

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" O3: LAYER 50-150 CM
35

0,01	0,398E+6	0,659E-10
0,02	0,294E+5	0,125E-6
0,03	6107,0	0,769E-5
0,04	2684,0	0,428E-4
0,05	1342,0	0,175E-3
0,06	791,0	0,539E-3
0,07	565,0	0,123E-2
0,08	447,0	0,231E-2
0,09	359,0	0,430E-2
0,10	295,0	0,773E-2
0,11	253,0	0,012
0,12	225,0	0,018
0,13	200,0	0,027
0,14	178,0	0,039
0,15	159,0	0,056
0,16	143,0	0,080
0,17	128,0	0,112
0,18	115,0	0,153
0,19	104,0	0,206
0,20	94,0	0,269
0,21	86,0	0,338
0,22	79,0	0,413
0,23	73,0	0,495
0,24	67,0	0,588
0,25	62,0	0,694
0,26	56,0	0,821
0,27	51,0	0,975
0,28	44,0	1,231
0,29	35,0	1,723
0,30	27,0	2,521
0,31	18,0	3,987
0,32	11,0	6,477
0,33	5,0	11,710
0,34	2,0	24,669
0,35	0,0	44,580

AANHANGSEL 2B BODEM vWz, KLEIIG VEEN OP ZAND. DRIE LAGEN

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" B16: LAYER 0-25 CM

73

0,010	-0,5500E+07	0,1360E-07
0,020	-0,3060E+07	0,2620E-07
0,030	-0,1720E+07	0,4990E-07
0,040	-0,9800E+06	0,9380E-07
0,050	-0,5670E+06	0,1730E-06
0,060	-0,3340E+06	0,3140E-06
0,070	-0,2010E+06	0,5590E-06
0,080	-0,1230E+06	0,9720E-06
0,090	-0,7700E+05	0,1650E-05
0,100	-0,4950E+05	0,2730E-05
0,110	-0,3260E+05	0,4390E-05
0,120	-0,2210E+05	0,6850E-05
0,130	-0,1550E+05	0,1030E-04
0,140	-0,1140E+05	0,1470E-04
0,150	-0,8861E+04	0,1970E-04
0,160	-0,6986E+04	0,2630E-04
0,170	-0,5612E+04	0,3440E-04
0,180	-0,4657E+04	0,4340E-04
0,190	-0,3931E+04	0,5400E-04
0,200	-0,3357E+04	0,6640E-04
0,210	-0,2899E+04	0,8080E-04
0,220	-0,2533E+04	0,9730E-04
0,230	-0,2226E+04	0,1170E-03
0,240	-0,1957E+04	0,1410E-03
0,250	-0,1725E+04	0,1700E-03
0,260	-0,1527E+04	0,2060E-03
0,270	-0,1361E+04	0,2490E-03
0,280	-0,1223E+04	0,2980E-03
0,290	-0,1111E+04	0,3530E-03
0,300	-0,1022E+04	0,4100E-03
0,310	-0,9520E+03	0,4690E-03
0,320	-0,8890E+03	0,5350E-03
0,330	-0,8320E+03	0,6100E-03
0,340	-0,7800E+03	0,6940E-03
0,350	-0,7320E+03	0,7890E-03
0,360	-0,6870E+03	0,8990E-03
0,370	-0,6450E+03	0,1030E-02
0,380	-0,6060E+03	0,1170E-02
0,390	-0,5680E+03	0,1350E-02
0,400	-0,5320E+03	0,1560E-02
0,410	-0,4970E+03	0,1810E-02
0,420	-0,4630E+03	0,2110E-02
0,430	-0,4320E+03	0,2460E-02

0,440	-0,4020E+03	0,2880E-02
0,450	-0,3750E+03	0,3390E-02
0,460	-0,3490E+03	0,3980E-02
0,470	-0,3240E+03	0,4700E-02
0,480	-0,3010E+03	0,5550E-02
0,490	-0,2800E+03	0,6570E-02
0,500	-0,2600E+03	0,7790E-02
0,510	-0,2400E+03	0,9290E-02
0,520	-0,2210E+03	0,1100E-01
0,530	-0,2000E+03	0,1400E-01
0,540	-0,1810E+03	0,1800E-01
0,550	-0,1620E+03	0,2300E-01
0,560	-0,1440E+03	0,3000E-01
0,570	-0,1270E+03	0,3800E-01
0,580	-0,1120E+03	0,5000E-01
0,590	-0,9900E+02	0,6500E-01
0,600	-0,8600E+02	0,8600E-01
0,610	-0,7200E+02	0,1190E+00
0,620	-0,5900E+02	0,1690E+00
0,630	-0,4600E+02	0,2510E+00
0,640	-0,3500E+02	0,3800E+00
0,650	-0,2600E+02	0,5770E+00
0,660	-0,1900E+02	0,8770E+00
0,670	-0,1300E+02	0,1340E+01
0,680	-0,9000E+01	0,2028E+01
0,690	-0,6000E+01	0,2999E+01
0,700	-0,4000E+01	0,4338E+01
0,710	-0,3000E+01	0,6171E+01
0,720	-0,2000E+01	0,8686E+01
0,730	0,0000E+00	0,1218E+02

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" O3: LAYER 25-40 CM
35

0,010	-0,3980E+06	0,6590E-10
0,020	-0,2940E+05	0,1250E-06
0,030	-0,6107E+04	0,7690E-05
0,040	-0,2684E+04	0,4280E-04
0,050	-0,1342E+04	0,1750E-03
0,060	-0,7910E+03	0,5390E-03
0,070	-0,5650E+03	0,1230E-02
0,080	-0,4470E+03	0,2310E-02
0,090	-0,3590E+03	0,4300E-02
0,100	-0,2950E+03	0,7730E-02
0,110	-0,2530E+03	0,1200E-01
0,120	-0,2250E+03	0,1800E-01
0,130	-0,2000E+03	0,2700E-01
0,140	-0,1780E+03	0,3900E-01

0,150	-0,1590E+03	0,5600E-01
0,160	-0,1430E+03	0,8000E-01
0,170	-0,1280E+03	0,1120E+00
0,180	-0,1150E+03	0,1530E+00
0,190	-0,1040E+03	0,2060E+00
0,200	-0,9400E+02	0,2690E+00
0,210	-0,8600E+02	0,3380E+00
0,220	-0,7900E+02	0,4130E+00
0,230	-0,7300E+02	0,4950E+00
0,240	-0,6700E+02	0,5880E+00
0,250	-0,6200E+02	0,6940E+00
0,260	-0,5600E+02	0,8210E+00
0,270	-0,5100E+02	0,9750E+00
0,280	-0,4400E+02	0,1231E+01
0,290	-0,3500E+02	0,1723E+01
0,300	-0,2700E+02	0,2521E+01
0,310	-0,1800E+02	0,3987E+01
0,320	-0,1100E+02	0,6477E+01
0,330	-0,5000E+01	0,1171E+02
0,340	-0,2000E+01	0,2467E+02
0,350	0,0000E+00	0,4458E+02

SOIL PHYSICAL PARAMETERS "STARING REEKS" O2: LAYER 40-300 CM

38

0,010	-0,6880E+06	0,1700E-11
0,020	-0,6880E+05	0,1160E-08
0,030	-0,1420E+05	0,1160E-06
0,040	-0,4478E+04	0,1750E-05
0,050	-0,1728E+04	0,1120E-04
0,060	-0,8390E+03	0,6250E-04
0,070	-0,5510E+03	0,2250E-03
0,080	-0,3990E+03	0,5600E-03
0,090	-0,2970E+03	0,1360E-02
0,100	-0,2470E+03	0,2730E-02
0,110	-0,2200E+03	0,4600E-02
0,120	-0,1980E+03	0,7880E-02
0,130	-0,1780E+03	0,1400E-01
0,140	-0,1620E+03	0,2300E-01
0,150	-0,1480E+03	0,3800E-01
0,160	-0,1350E+03	0,6200E-01
0,170	-0,1240E+03	0,9800E-01
0,180	-0,1140E+03	0,1510E+00
0,190	-0,1060E+03	0,2240E+00
0,200	-0,9800E+02	0,3220E+00
0,210	-0,9100E+02	0,4370E+00
0,220	-0,8500E+02	0,5650E+00
0,230	-0,8100E+02	0,7040E+00

0,240	-0,7600E+02	0,8580E+00
0,250	-0,7200E+02	0,1030E+01
0,260	-0,6800E+02	0,1227E+01
0,270	-0,6400E+02	0,1458E+01
0,280	-0,6000E+02	0,1736E+01
0,290	-0,5600E+02	0,2074E+01
0,300	-0,5200E+02	0,2489E+01
0,310	-0,4600E+02	0,3124E+01
0,320	-0,3700E+02	0,4398E+01
0,330	-0,2800E+02	0,6059E+01
0,340	-0,2000E+02	0,8400E+01
0,350	-0,1300E+02	0,1253E+02
0,360	-0,7000E+01	0,2050E+02
0,370	-0,3000E+01	0,3508E+02
0,380	0,0000E+00	0,6043E+02

**AANHANGSEL 3 DE CORRELATIECOËFFICIËNTEN TUSSEN SCHADE EN
OVERSCHRIJDINGSSOMMEN VAN BODEMPROFIEL B101
OVER 18 JAREN EN 8 GRONDWATERTRAPPEN**

Periodenr.	Correlatiecoëfficiënten bij verschillende overschrijdingsdieptes (cm - mv):				
	10	20	30	40	50
Periodelengte = 15 dagen					
5	0,59	0,23	0,14	0,20	0,13
6	0,32	0,23	0,25	-0,15	-0,19
7	-0,18	-0,18	-0,06	-0,07	0,12
8	0,08	0,24	0,25	0,31	0,28
9	0,30	0,30	0,29	0,22	0,26
10	0,74	0,44	0,38	0,45	0,56
11	0,52	0,63	0,67	0,51	0,49
12	0,18	-0,05	-0,20	-0,04	-0,20
13	0,09	0,03	-0,12	0,08	0,28
14	0,39	0,44	0,03	0,28	0,08
15	0,55	0,31	0,24	0,33	0,20
16	0,46	0,47	0,46	0,43	0,40
Periodelengte = 30 dagen					
3	0,06	0,03	0,00	-0,04	0,04
4	0,42	0,36	0,42	0,35	0,41
5	0,50	0,49	0,56	0,61	0,62
6	0,70	0,74	0,72	0,74	0,68
7	0,29	0,22	0,15	0,08	0,05
8	0,12	0,12	0,17	0,06	-0,01
Periodelengte = 60 dagen					
1	0,27	0,30	0,33	0,36	0,34
2	0,42	0,41	0,39	0,37	0,49
3	0,59	0,54	0,35	0,37	0,42
4	0,84	0,86	0,87	0,87	0,86
5	0,30	0,26	0,26	0,22	0,08
6	0,22	0,22	0,17	0,23	0,21
Periodelengte = 90 dagen					
1	0,27	0,30	0,33	0,36	0,34
2	0,25	0,25	0,26	0,36	0,32
3	0,63	0,65	0,64	0,65	0,56
4	0,59	0,54	0,35	0,37	0,42
5	0,79	0,80	0,81	0,80	0,76
6	0,10	0,16	0,21	0,21	0,22
7	0,30	0,26	0,26	0,22	0,08

**AANHANGSEL 4 DE CORRELATIECOËFFICIËNTEN TUSSEN SCHADE EN
OVERSCHRIJDINGSSOMMEN VAN vWz OVER 18 JAREN
EN 8 GRONDWATERTRAPPEN**

Periodenr.	Correlatiecoëfficiënten bij verschillende overschrijdingsdieptes (cm - mv):				
	20	40	60	80	100
Periodelengte 15 dagen					
3	0,12	0,18	0,11	0,05	0,06
4	-0,20	0,10	0,27	0,31	0,35
5	0,04	-0,10	0,04	0,32	0,33
6	-0,31	-0,02	0,28	0,61	0,63
7	0,03	0,41	0,69	0,73	0,64
8	0,48	0,57	0,69	0,71	0,62
9	-0,10	0,32	0,52	0,62	0,45
10	0,33	0,62	0,76	0,79	0,58
11	0,39	0,62	0,72	0,72	0,63
12	0,50	0,58	0,70	0,55	0,43
13	-0,10	0,31	0,60	0,65	0,46
14	0,05	0,28	0,26	0,37	0,19
15	0,41	0,56	0,45	0,39	0,29
16	0,54	0,29	0,33	0,43	0,42
Periodelengte = 30 dagen					
2	0,19	0,34	0,43	0,37	0,39
3	0,48	0,53	0,69	0,80	0,76
4	0,60	0,72	0,75	0,76	0,64
5	0,43	0,73	0,78	0,78	0,56
6	0,62	0,767	0,75	0,71	0,63
7	0,32	0,42	0,52	0,57	0,39
8	0,28	0,29	0,37	0,41	0,36
Periodelengte = 60 dagen					
1	0,01	0,21	0,25	0,29	0,37
2	0,50	0,68	0,80	0,84	0,82
3	0,40	0,66	0,82	0,84	0,74
4	0,44	0,64	0,69	0,60	0,40
5	0,66	0,79	0,82	0,78	0,61
6	0,56	0,59	0,69	0,66	0,59
7	-0,22	0,21	0,42	0,40	0,28
Periodelengte = 90 dagen					
1	0,34	0,63	0,72	0,76	0,69
2	0,53	0,72	0,78	0,73	0,68
3	0,39	0,60	0,71	0,62	0,50
4	0,61	0,77	0,78	0,63	0,43
5	0,72	0,81	0,82	0,76	0,56
6	0,21	0,30	0,47	0,51	0,43

